PUBLICACIONES PIEB

Beneficiado en seco de la quinua. Proyecto de prefactibilidad para el beneficiado en seco de quinua con un lecho tipo surtidor
Carla Quiroga (coord.), Carlos Escalera, Juan Luis Arteaga, Juan Francisco Montaño y Cristian Nogales
PIEB - Embajada Real de Dinamarca

Evaluación de la fertilidad de los suelos en la zona intersalar. Producción sostenible de quinua
Vladimir Orsag (coord.), Edwin Castro, María León, Olga Pacosaca y Félix Mamani
PIEB - Embajada Real de Dinamarca

Producción *in situ* de biofertilizantes para el cultivo de quinua
Isabel Morales (coord.), Guillermina Miranda, Virginia Méndez y Carolina Morales
PIEB - Embajada Real de Dinamarca

Agua y abonos para mejorar la productividad de la quinua en Lípez
Edgar Ticona (coord.), Sandra Maldonado y Roberto Chambi
PIEB - Embajada Real de Dinamarca

Cuentas Ambientales: medioambiente y economía en Bolivia
Luis Carlos Jemio Mollinedo
PIEB - CI

La ciudad de los cholos. Mestizaje y colonialidad en Bolivia, siglos XIX y XX
Ximena Soruco Sologuren
PIEB - IFEA

Formaciones y transformaciones. Educación pública y culturas magisteriales en Bolivia. 1899-2010"
María Luisa Talavera
PIEB – CIDES-UMSA

Ciudad sin fronteras. Multilocalidad urbano rural en Bolivia
Nelson Antequera y Cristina Cielo (coordinadores)
PIEB, GAMLP y otros

Conocimiento desde adentro. Los afrosudamericanos hablan de sus pueblos y sus historias
Volumen I y Volumen II
Sheila S. Walker (Compiladora)
PIEB, Afrodiáspora Inc. y otros

Bases metodológicas para la investigación del derecho en contextos interculturales
Segunda edición
Iván Arandia (Coordinador)
PIEB, IJB y AECID

En los últimos años se ha evidenciado un auge de la quinua en mercados internacionales que la aprecian por considerarla un producto exótico de alto valor nutritivo. Asimismo, esta demanda ha repercutido en las áreas de cultivo de este producto, más precisamente en la zona intersalar del departamento de Oruro, lugar privilegiado por ser el único en el mundo donde existen las condiciones precisas para el desarrollo de la quinua real, variedad más apreciada. Sin embargo, la dinámica del sistema actual de producción que responde a la demanda externa en expansión conlleva numerosas repercusiones de tipo social, económico y sobre todo ambiental.

¿Existen alternativas para la producción de quinua de frente a los efectos del cambio climático? ¿Qué estrategias de bajo costo y alta eficacia se pueden adoptar? Estas y otras interrogantes encuentran respuesta en este libro, resultado de un exhaustivo trabajo de investigación del equipo coordinado por Pedro Román Vallejos.

ISBN: 978-99954-57-14-3
9 789995 457143

2011

MEDIO AMBIENTE Y PRODUCCIÓN DE QUINUA

INVESTIGACIÓN AMBIENTAL









MEDIO AMBIENTE Y PRODUCCIÓN DE QUINUA

Estrategias de adaptación a los impactos del cambio climático

Pedro Román Vallejos Mamani

Zaima Navarro Fuentes
Dante Ayaviri Nina

El Programa de Investigación Estratégica en Bolivia (PIEB) inició sus actividades el año 1994, en el marco institucional de la Fundación PIEB. Es un programa de carácter científico, cultural y social, creado con el propósito de contribuir al desarrollo de Bolivia a través de la promoción de la investigación científica sobre temas relevantes y estratégicos.

Los objetivos del PIEB son:

1. Apoyar la investigación orientada a la reflexión y comprensión de la realidad boliviana con la finalidad de contribuir a la generación de propuestas de políticas públicas frente a problemáticas nacionales, promover la disminución de asimetrías sociales y la inequidad existentes, lograr una mayor integración social y fortalecer la democracia en Bolivia.
2. Incentivar la producción de conocimientos socialmente relevantes y las aproximaciones multidisciplinaras que permitan visiones integrales de la sociedad, promoviendo simultáneamente la excelencia académica. Para el PIEB, desarrollar el conocimiento, investigación y acceso a la información son pilares para que una sociedad pueda afrontar su futuro.
3. Promover la formación de nuevas generaciones de investigadores dando énfasis en la formación de jóvenes. "Investigar formando y formar investigando" es uno de los principales propósitos del PIEB.
4. Desarrollar la capacidad local, regional y nacional de investigación a través de iniciativas de fortalecimiento a recursos humanos e institucionales.
5. Democratizar el acceso al conocimiento, a través de medios de comunicación especializados en investigación, ciencia y tecnología, y la creación de espacios de encuentro entre el Estado, la sociedad civil y la academia.

El año 2008, el PIEB puso en marcha el Programa de Investigación Ambiental (PIEB-PIA) con el objetivo de contribuir a propiciar acciones de cambio a favor del desarrollo sostenible en el país, mediante la formulación de propuestas de investigación que orienten a la toma de decisión y las políticas públicas a nivel local y nacional. En ese marco el Programa desarrolla sus actividades en distintas temáticas ambientales bajo una perspectiva integral, con la consideración de las dimensiones: social, económica, política y territorial.

Medio ambiente y producción de quinua

Estrategias de adaptación a los impactos del cambio climático

Medio ambiente y producción de quinua

Estrategias de adaptación a los impactos del cambio climático

Coordinador de la investigación
Pedro Román Vallejos Mamani

Investigadores
Dante Ayaviri Nina
Zaima Navarro Fuentes

Esta investigación fue ejecutada en el marco de la Fundación Producción, Seguridad Alimentaria y Medio Ambiente (PROSAMA)





La Paz, 2011

Esta publicación cuenta con el auspicio de la Embajada Real de Dinamarca.

Vallejos Mamani, Pedro Román
Medio ambiente y producción de quinua. Estrategias de adaptación a los impactos del cambio climático / Pedro Román Vallejos Mamani; Dante Ayaviri Nina; Zaima Navarro Fuentes. --La Paz: Embajada Real de Dinamarca; Fundación PIEB, 2011.
xxii, 242 p.; cuads.; grafs.; maps.; fots.: 23 cm. -- (Serie Investigación Ambiental nº 12)

D.L. : 4-1-1543-11
ISBN: 978-99954-57-14-3 : Encuadernado

QUINUA / CULTIVO DE QUINUA / PRODUCCIÓN DE QUINUA / CAMBIO CLIMÁTICO / SEGURIDAD ALIMENTARIA / USO DE LA TIERRA / PREPARACIÓN DEL SUELO / USO DE FERTILIZANTES / ABONOS / PESTICIDAS SINTÉTICOS / LOMBRICULTURA / BIOTECNOLOGÍA LIMPIA / PRODUCCIÓN HUMUS DE LOMBRIZ / ABONO ORGÁNICO / FERTILIDAD DE SUELOS / AGRICULTURA SOSTENIBLE / SISTEMAS PRODUCTIVOS INTEGRADOS / SEQUÍAS AGRÍCOLAS / PROVINCIA LADISLAO CABRERA / MUNICIPIO SALINAS DE GARCI MENDOZA / MUNICIPIO PAMPA AULLAGAS / ORURO

1. título **2.** serie

Edificio Fortaleza. Piso 6. Oficina 601
Avenida Arce 2799, esquina calle Cordero
Teléfonos: 2432582 - 2431866
Fax: 2435235
Correo electrónico: fundacion@pieb.org
Página web: www.pieb.org / www.pieb.com.bo
Casilla 12668
La Paz, Bolivia

Edición: Claudia Adriázola

Diseño gráfico de cubierta: PIEB

Diagramación: Alfredo Revollo Jaén

Impresión:

Impreso en Bolivia
Printed in Bolivia

Índice

Segunda parte
Propuestas de intervención

Índice de cuadros

Índice de tablas

Índice de gráficos

Índice de mapas

Índice de imágenes

Listado de siglas utilizadas en el libro

APG Noticias	Agencia de Prensa Gráfica
APQC	Asociación de Productores de Quinua y Camélidos
CABOLQUI	Cámara Boliviana de Exportadores de Quinua y Productos Orgánicos
CAPYS	Comité de Agua Potable y Saneamiento
CETHA	Centro Técnico Humanístico Agropecuario
CINU	Centro de Información de Naciones Unidas
CIPE	Centro de Investigación y Promoción Educativa
DRP	Diagnóstico Rural Participativo
EDEM	Estrategias de Desarrollo Económico Local Municipal
INE	Instituto Nacional de Estadística
MDRyT	Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras
NDVI	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada
ONG	Organización No Gubernamental
PCI	Project Concern International
PDM	Planes de Desarrollo Municipal
PIEB	Programa de Investigación Estratégica en Bolivia
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
POA	Plan Operativo Anual
SEDAG	Servicio Departamental Agropecuario
SEDES	Servicio Departamental de Salud

SEDUCA	Servicio Departamental de Educación
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SENASAG	Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria
SIG	Sistema de Información Geográfica
UDAPE	Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas
VCyT	Viceministerio de Ciencia y Tecnología

Presentación

El Programa de Investigación Estratégica en Bolivia (PIEB), a través de su Programa de Investigación Ambiental (PIA) y la Embajada Real de Dinamarca, junto a una importante plataforma de instituciones lanzó la convocatoria "Formulación de propuestas para la producción sostenible de quinua en los departamentos de Oruro y Potosí". Esta convocatoria estuvo orientada a incidir en políticas públicas de desarrollo y medio ambiente, mediante investigaciones propositivas que garanticen el complejo proceso productivo de la quinua y el bienestar de la población local en regiones productoras de Oruro y Potosí.

Seis proyectos de 28 fueron seleccionados para su financiamiento y fueron ejecutados por equipos multidisciplinarios de investigadores entre los años 2009 y 2010. Dos fases de trabajo guiaron estas investigaciones: la primera, de ejecución de las investigaciones; la segunda, de diseño y formulación de propuestas de alternativas de solución a las problemáticas analizadas.

Para el PIEB es grato presentar los resultados de cinco trabajos; se trata de investigaciones y propuestas de intervención sobre la problemática de la quinua. Los ejes temáticos que las unen son: primero, el desarrollo de tecnologías ecológicamente sostenibles y, segundo, modelos sostenibles para la producción de quinua. Ambos son identificados como estratégicos por actores sociales, empresariales, académicos e institucionales de las regiones donde se ejecutaron los estudios.

De las cinco investigaciones publicadas, tres están orientadas a mejorar la fertilidad de los suelos y optimizar el rendimiento del cultivo: uno estudia la producción *in situ* de biofertilizantes

adaptados a las condiciones extremas del lugar; otro analiza a profundidad parámetros poco estudiados como el tipo de arcillas, mineralogía y ciclo de materia orgánica (Oruro); un tercero se orienta al conocimiento del potencial hídrico, la disponibilidad de estiércol y el avance de la frontera agrícola en 23 comunidades del municipio de Colcha K (Potosí).

Una cuarta investigación en la cual se pone en evidencia la sensibilidad de los pobladores de las zonas quinueras en el Altiplano Sur sobre las frecuentes sequías, la presencia de heladas y la escasez de lluvias que inciden directamente sobre la producción agropecuaria, evaluó los impactos del cambio climático en la producción de quinua para enfrentar los riesgos naturales en la provincia Ladislao Cabrera de Oruro.

En el plano tecnológico, un estudio con un alto potencial de impacto sobre el medio ambiente, propone mejorar la productividad en el eslabón de transformación a través de un novedoso proceso de beneficiado *en seco* que evita el consumo de agua y, por ende, la contaminación ocasionada por el desecho de estos residuos en los recursos hídricos del lugar; además, reduce el consumo de energía. Al mismo tiempo, con este proyecto se abre una nueva veta de investigación a partir de la aplicación de esta tecnología que permite recuperar el polvo de saponinas separadas del grano para su posterior empleo en otros usos industriales. Cabe resaltar que por el valioso aporte y por la novedad de la propuesta, la Asociación Boliviana para el Avance de la Ciencia distinguió a este proyecto con una mención honrosa en el “Premio Nacional Ciencia, Tecnología e Innovación, 2010”.

Durante la ejecución de la convocatoria, se crearon interesantes sinergias institucionales para articular los aportes de los estudios con planes nacionales, en el marco de la elaboración de la Política Nacional de la Quinua. Por otro lado, la participación de diferentes actores ha sido uno de los factores de mayor importancia en la realización de las investigaciones pues permitió una enriquecedora interacción entre investigadores, operadores de políticas públicas, productores, transformadores, comercializadores de quinua, sociedad civil y medios de comunicación a nivel nacional, regional y local. Este proceso de posicionamiento y reconocimiento público de los problemas que

enfrenta la producción de quinua es un antecedente importante para futuras iniciativas.

La ejecución de las diferentes etapas de la convocatoria contó con la participación y el apoyo de una plataforma de prestigiosas instituciones a quienes el PIEB expresa su agradecimiento: Viceministerio de Ciencia y Tecnología (VCyT), Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), Gobernación de Departamento de Oruro, Gobernación del Departamento de Potosí, Asociación de Municipios del Departamento de Oruro (AMDEOR), Asociación de Municipios del Departamento de Potosí (AMDEPO), Universidad Técnica de Oruro (UTO), Universidad Autónoma Tomás Frías (UATF) y Fundación Autapo junto al Comité Técnico del Programa de Fortalecimiento al Complejo Productivo de Quinua en el Altiplano Sur, que aglutina a la Asociación Nacional de Productores de Quinua (ANAPQUI), al Consejo Nacional de Comercializadores y Productores de Quinua (CONACOPROQ), a la Cámara Departamental de Productores de Quinua de Oruro (CADEPQUI-OR), a la Cámara Departamental de Quinua Real de Potosí (CADEQUIR), a la Central de Cooperativas Agropecuarias "Operación Tierra" (CECAOT) y a la Cámara Boliviana de Exportadores de Quinua y Productos Orgánicos (CABOLQUI), entre otros. También destacamos la contribución del proyecto EQUECO del IRD[1] y a Agrónomos y Veterinarios sin Fronteras (AVSF-CICDA) en la preparación y desarrollo de la convocatoria.

Estamos seguros de que las investigaciones y propuestas que presentamos en esta serie aportarán al análisis de la temática quinuera y contribuirán a la reflexión e implementación de soluciones en torno a la sostenibilidad de la producción de quinua en la zona intersalar de Bolivia.

Godofredo Sandoval
Director del PIEB

1 Proyecto "Emergencia de la Quinua en el Mercado Mundial" del Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo.

Prólogo

Las sorpresas que nos da la vida, muchas veces son muy agradables.

En esta oportunidad, me toca compartir con el lector el trabajo coordinado por un joven investigador orureño y boliviano ante todo, a quien conocí en su etapa de estudiante de la carrera de Agronomía, muy aventajado por cierto, y ahora convertido en un investigador acucioso. Pedro Vallejos nos presenta, pues, este estudio en el cual hace una "Evaluación de los impactos del cambio climático en la producción de la quinua en la Provincia Ladislao Cabrera del Departamento de Oruro, para la formulación de estrategias de prevención y adaptación".

En el documento podemos encontrar, entre otros detalles: información climática recopilada y sistematizada; identificación del efecto ambiental y la máxima superficie probable a donde podría expandirse la frontera agrícola; valoración del estado actual de la fertilidad de los suelos, factor básico para la productividad; evaluación del comportamiento espacial y temporal de las condiciones climáticas que inciden en la producción de la quinua; identificación y análisis de escenarios del comportamiento multitemporal del rendimiento del cereal bajo diferentes condiciones climáticas; y evaluación de la situación social, económica y productiva de las comunidades dedicadas a este cultivo. Todos estos aspectos los estudia aplicando métodos y herramientas tecnológicas modernos y probados.

No debemos perder de vista que las causas y efectos del cambio climático determinarán el comportamiento de nuestros ecosistemas

para la generación presente y las futuras; sin embargo, es importante también realizar un análisis pertinente: ¿cuánto nos hemos preparado para afrontar o vivir en los nuevos escenarios?, ¿cuánto el hombre está cambiando para afrontar los nuevos retos? Además, los agricultores debemos esforzarnos para enriquecer nuestros ecosistemas y no solamente trabajar en recoger los frutos que logramos de ellos; no podremos superar el hambre del hombre si no satisfacemos el hambre del suelo en particular.

Ante las nuevas circunstancias y escenarios que se nos presentan, los temas abordados y difundidos por este estudio nos permiten tener mayor información y mejores elementos técnicos para que se tomen decisiones asertivas y efectivas en el ámbito de la funciones, tanto de los productores a nivel de finca, como de los servidores públicos para la región.

Los resultados logrados por el autor se constituyen en aportes significativos para definir políticas públicas referidas al uso y manejo de los recursos naturales, con fines productivos con carácter sustentable en la región; pero, además, son muy útiles para definir estrategias y diseñar medidas de prevención y adaptación al cambio climático: me refiero a normas, proyectos y prácticas de campo.

Miguel Murillo Illanes
Director General de Desarrollo Rural
Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras

Primera parte

Investigación

Introducción

La reciente Conferencia Mundial sobre Cambio Climático celebrada en Copenhague tuvo logros escasos o significativos, dependiendo de las expectativas o intereses de cada persona, institución, país o región. Varios países (con tasas altas de generación de gases invernadero) acordaron metas concretas para reducir los niveles de CO_2 (280 ppm al inicio de la revolución industrial, 384 ppm en el 2007 y creciendo a una tasa de 2 ppm por año) en la atmósfera, y una mayor utilización de energía renovable y esfuerzos importantes para la conservación de bosques fue tal vez una de sus conclusiones más importantes.

La agricultura tiene un efecto importante (contribuye aproximadamente con el 15% de la emisión de gases invernadero o entre el 26 al 35%, si se consideran los efectos de la deforestación) sobre el cambio climático a partir de procesos como cambios de uso de la tierra; la preparación del suelo; el consumo de energía fósil; el uso de fertilizantes y pesticidas sintéticos; la aplicación de fertilizantes nitrogenados, tanto sintéticos como orgánicos; el proceso digestivo de los rumiantes y el aumento de la distancia entre productores y consumidores.

En síntesis, se vuelve indispensable no solamente contribuir —partiendo de una agricultura más sostenible— con la mitigación de los gases con efecto invernadero y la adaptación de los sistemas productivos al cambio climático, sino también al fortalecimiento de la seguridad alimentaria de los países en vías de desarrollo.

El concepto y la práctica de seguridad alimentaria incluyen tanto la disponibilidad física de los alimentos, como su calidad, acceso y aprovechamiento de los mismos por la población. Este tema ha despertado un gran interés en el ámbito regional considerando sus implicaciones en salud y bienestar.

La agricultura juega un papel protagónico en los medios de vida de las comunidades rurales y en el logro de una competitividad respetuosa del ambiente. La investigación agrícola ha contribuido con mejores prácticas de manejo de suelos y agua, incluyendo la labranza mínima, las rotaciones y los sistemas productivos integrados. En suma, una agenda estratégica del manejo de los recursos naturales es inseparable de la agenda agrícola, del cambio climático y de las políticas e incentivos orientados a fortalecer la seguridad alimentaria. Existen muchas iniciativas de investigación e inversiones importantes para generar información y contrarrestar los efectos esperados de la variación climática, financiadas tanto por países, como por mecanismos bilaterales, multilaterales, sectores privados, académicos y otros.

Tal y como indica la *Guía para la presentación de propuestas*, el programa de Apoyo al Desarrollo Sostenible, Gestión de Recursos Naturales y Medio Ambiente en su segunda fase recibe apoyo de los gobiernos de Bolivia y Dinamarca a través de la firma de un convenio Gubernamental. El componente "Apoyo a la Investigación Ambiental", que forma parte de dicho convenio, será implementado por el Programa de Investigación Estratégica en Bolivia (PIEB), con el financiamiento de la Embajada de Dinamarca.

El cultivo de la quinua en la región intersalar del altiplano boliviano ha sufrido un crecimiento sin precedentes en los últimos años. De acuerdo a cifras oficiales emitidas por el Instituto Nacional de Estadística (INE), a raíz de la gran aceptación de la quinua en mercados internacionales entre los años 2005 y 2006, las exportaciones crecieron en un 62,9%. De acuerdo a la Cámara Boliviana de Exportadores de Quinua y Productos Orgánicos (CABOLQUI), la variedad más demandada es la quinua real, que crece exclusivamente en el Altiplano Sur del país. Por este motivo, Bolivia es el principal proveedor mundial de este grano, con un 46% del mercado mundial. De acuerdo a

APG Noticias, el 60,2% de la producción de la quinua proviene de Salinas de Garci Mendoza, así como de otras poblaciones de Oruro y de esa cantidad, un 80% aproximadamente se exporta. Según explica la Cámara Boliviana de Exportadores de Quinua y Productos Orgánicos (CABOLQUI), esta importante demanda se debe no solo a la valoración de las propiedades altamente nutritivas de la quinua, sino también a que se considera un producto orgánico, exótico y de comercio justo. Los mercados internacionales pagan por la quinua hasta cuatro veces más el precio de la soya, de acuerdo al CINU.

El cultivo de la quinua en la zona intersalar del altiplano se caracteriza por tener la capacidad de adaptarse a las extremas condiciones de la región: tolera suelos en una amplia gama de pH (de 6 a 8,5), puede cultivarse hasta 3.900 msnm y utiliza eficientemente la poca humedad que existe (PNUD).

La evaluación y la intensidad de las sequías agrícolas, al igual que la planificación de proyectos de riego para dar solución al déficit hídrico imperante en las zonas áridas y semiáridas (como el Altiplano Sur y central de Bolivia) requieren del conocimiento de la evapotranspiración o consumo de agua de los cultivos. Jones (1983) asegura que las características hídricas con mayor influencia sobre la resistencia a la sequía son el potencial foliar, la resistencia estomática y el contenido relativo de agua. Esta resistencia se traduce en el rendimiento y puede servir como criterio de selección entre variedades. Sin embargo, para definir estas características hídricas es necesario que en el altiplano boliviano se realicen estudios que modelen el comportamiento de las variables climáticas incidentes sobre la evapotranspiración máxima de los cultivos, especialmente de la quinua.

Ubicación

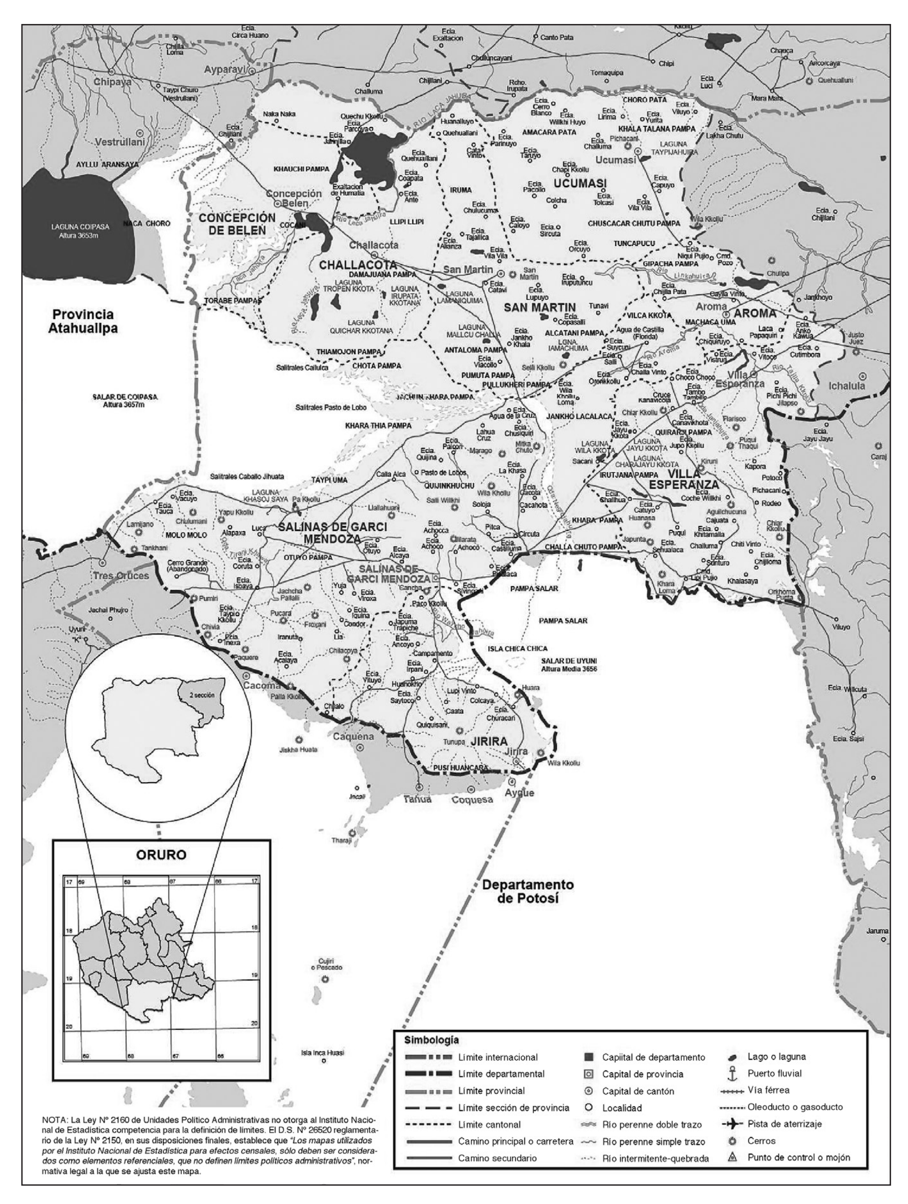
El área se estudio se halla ubicada al sur del departamento de Oruro, comprende una superficie aproximada de 7.259,46 km^2 e integra a dos municipios; el municipio de Salinas de Garci Mendoza y el municipio de Pampa Aullagas. La zona se caracteriza por ser árida y semiárida, con precipitaciones escasas y distribuidas irregularmente entre los meses de diciembre a marzo. Según el SENAMHI (Servicio

Nacional de Meteorología e Hidrología), la precipitación media anual está en el orden de los 304,8 mm/año y la temperatura en los 8,3ºC; en tanto que la humedad relativa está alrededor de los 46,5% y los vientos en promedio se hallan en el orden de los 2,3 km/h aunque es muy frecuente tener en los registros velocidades de 80 km/h. Los siguientes mapas muestran la ubicación geográfica de la zona estudio.

Mapa 1
Ubicación geográfica del área de estudio

Fuente: Elaboración propia.

Mapa 2
Municipio de Salinas de Garci Mendoza



Fuente: INE - Plural editores.

Mapa 3
Municipio de Pampa Aullagas

NOTA: La Ley Nº 2160 de Unidades Político Administrativas no otorga al Instituto Nacional de Estadística competencia para la definición de límites. El D.S. Nº 26520 reglamentario de la Ley Nº 2150, en sus disposiciones finales, establece que *"Los mapas utilizados por el Instituto Nacional de Estadística para efectos censales, sólo deben ser considerados como elementos referenciales, que no definen límites políticos administrativos"*, normativa legal a la que se ajusta este mapa.

Simbología

Límite internacional
Límite departamental
Límite provincial
Límite sección de provincia
Límite cantonal
Camino principal o carretera
Camino secundario
Capiital de departamento
Capital de provincia
Capital de cantón
Localidad
Río perenne doble trazo
Río perenne simple trazo
Río intermitente-quebrada
Lago o laguna
Puerto fluvial
Vía férrea
Oleoducto o gasoducto
Pista de aterrizaje
Cerros
Punto de control o mojón

Fuente: INE - Plural editores.

CAPÍTULO I
Metodología

1. Problemática

En los recientes cuarenta años, el uso de la tierra en la región del Altiplano Sur ha sufrido importantes modificaciones, que han comenzado con la mecanización agrícola en los años 70, hecho que se vio intensificado con el aumento de la demanda de la quinua, así como el incremento en sus precios en los años 80 y su reciente auge en los últimos cinco años. Como natural resultado de este auge, se ha generado un importante incremento de la producción de la quinua, hecho que causa, a raíz de inadecuadas prácticas agrícolas, la degradación de suelos y el desequilibrio en el ecosistema en la zona intersalar del altiplano boliviano. Ello nos debe dirigir a una reflexión integral en relación a la sostenibilidad de este cultivo y a las repercusiones de su producción.

El auge de la quinua en los mercados internacionales se ha constituido en una alternativa interesante para mejorar la calidad de vida de los pobladores de esta región; no obstante, la lógica del sistema actual de producción, que responde a la demanda externa en expansión, conlleva numerosas repercusiones en el territorio a nivel social, económico y ambiental; como el aumento de la superficie cultivada de manera descontrolada, la presión por los recursos naturales, la disminución de las tierras en descanso, el cambio espacial del cultivo hacia la pampa con mecanización generalizada, la disminución de mano de obra para la producción y la marginalización de actividades ganaderas que diversifican la economía y aportan a la fertilidad de suelos. Como resultado, se aceleran los procesos de desertificación de suelos en la región que, junto a la intensificación de condiciones

climatológicas adversas (sequías, heladas, fuertes vientos), se han convertido en una de las principales preocupaciones en relación a la pérdida de la capacidad productiva de la quinua (Jaldín, 2010).

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un grano oriundo de la extensa zona del altiplano de la cordillera de Los Andes —con amplia cobertura geográfica en el territorio de Bolivia— que crece entre los 2.500 a 4.000 msnm, en tierra árida y semiárida, es altamente resistente a las adversidades climáticas y atmosféricas, puede resistir temperaturas de -4ºC a -7,8ºC en la etapa de floración y de -10,4ºC en estado de grano lechoso.

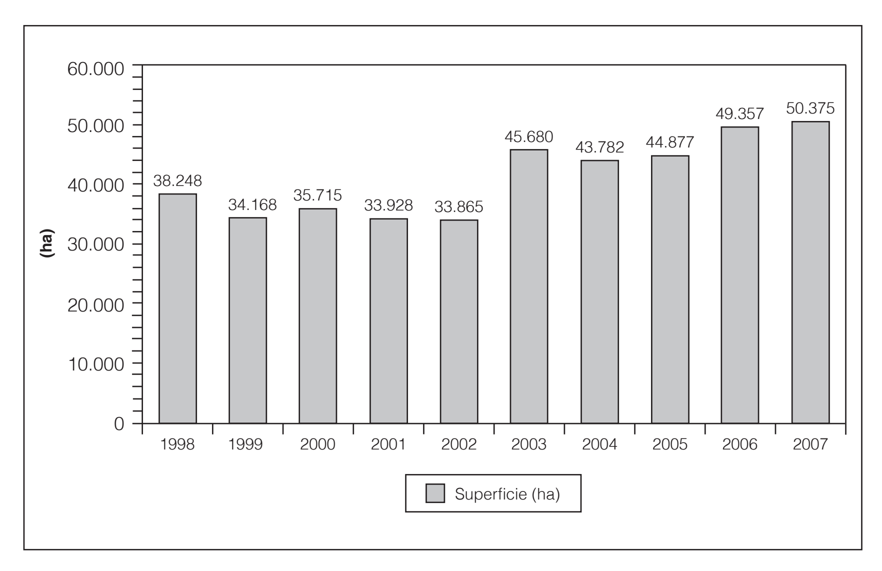
En Bolivia, se cultiva quinua en el Altiplano Norte, Central y Sur, valles interandinos y en los salares existentes al sur que se caracterizan por tener un clima templado. El cultivo rinde mejor en lugares áridos y semiáridos, con influencia de la radiación solar.

En los últimos 5 años, la superficie cultivada ha crecido y se estima actualmente en más de 50.000 hectáreas en el altiplano boliviano, de acuerdo a datos oficiales del Instituto Nacional de Estadística (INE), que también fueron cotejados con la información estadística del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT). El gráfico 1 muestra el comportamiento histórico de la superficie de quinua en los últimos 10 años.

Se aprecia que la superficie de quinua ha ido incrementándose en los últimos 10 años, de 38.248 ha a 50.375 ha. Así también se observa que entre los periodos 2000 a 2002, la superficie descendió, lo cual es atribuido a los cambios climáticos severos como heladas, granizadas, lluvias y otras inclemencias del tiempo suscitadas en este periodo.

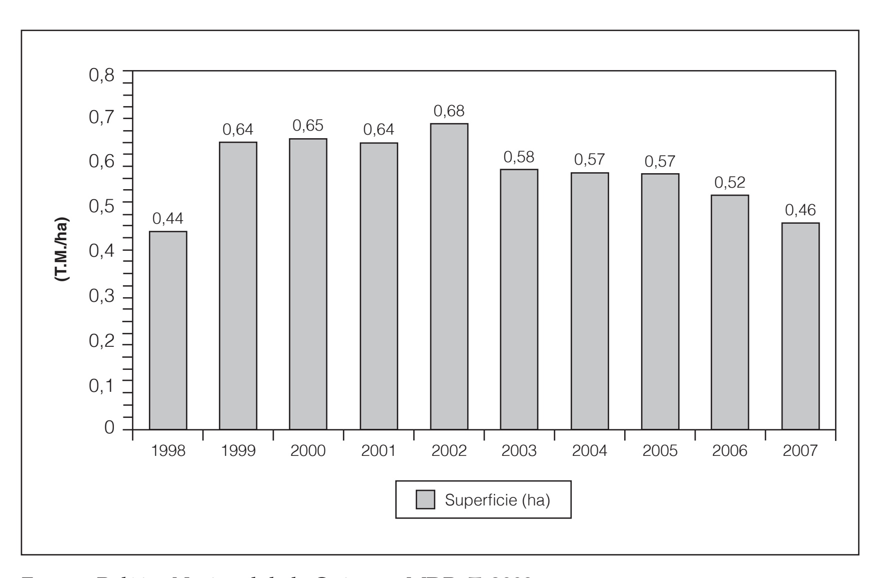
Con referencia a los rendimientos en los últimos 10 años, este mostró una tendencia decreciente, lo cual se explica por el deterioro cuantitativo y cualitativo de los suelos (fenómeno que ha afectado y viene afectando en mayor medida al Altiplano Sur que todavía persiste y se acrecienta) y por la falta de desarrollo y transferencia de tecnología en la producción agrícola, así como la falta de acceso al crédito. Se ha encontrado que los principales factores que determinan el rendimiento del cultivo son: clima, calidad de suelos, semilla, plagas, sistema de producción, cosecha y post-cosecha. El gráfico 2 muestra el comportamiento histórico del rendimiento de la quinua.

Gráfico 1
Superficie de quinua a nivel nacional cultivada en los últimos 10 años



Fuente: Política Nacional de la Quinua – MDRyT, 2009.

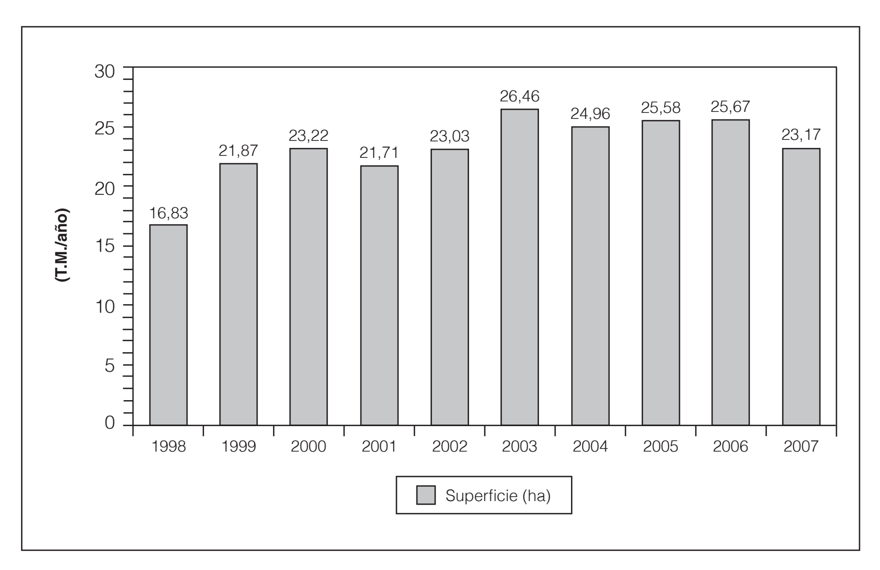
Gráfico 2
Rendimiento de quinua a nivel nacional en los últimos 10 años



Fuente: Política Nacional de la Quinua – MDRyT, 2009.

Como puede observarse, los rendimientos obtenidos hasta el año 2002 fueron ascendentes. A partir de ese año se aprecia una disminución a 0,46 TM/ha en el año 2007, lo cual es atribuido al empobrecimiento de los suelos en materia orgánica, cambios climáticos adversos, incidencia de plagas y otros. El gráfico 3 muestra el comportamiento histórico de los volúmenes de producción de la quinua a nivel nacional.

Gráfico 3
Producción de quinua a nivel nacional en los últimos 10 años



Fuente: Política Nacional de la Quinua – MDRyT, 2009.

En el gráfico se aprecia que la mayor producción se logró en el año 2003 y las producciones obtenidas a partir del 2004 fueron menores debido a la disminución anual de sus rendimientos, llegando en el 2007 a un rendimiento de 0,46 TM/ha, pese al incremento anual de nuevas superficies cultivadas.

Debido a todo lo descrito, el conocimiento del potencial hídrico que ofrece la región es una necesidad en el marco del cambio climático, ligada al aprovechamiento del agua para consumo humano y de la agricultura. Los efectos climatológicos adversos recientemente han provocado la pérdida de casi la totalidad de la producción de

quinua en algunas zonas del sudoeste de Potosí. La falta de información relacionada a sus efectos aumenta la vulnerabilidad frente a riesgos naturales e impulsa el desencadenamiento de interrelaciones socioambientales en la dinámica erosión-pobreza-migración.

La evaluación y la intensidad de las sequías agrícolas, al igual que la planificación de proyectos para mejorar la producción de quinua en zonas con déficit hídrico como son las zonas áridas y semiáridas del Altiplano Sur y Central de Bolivia, requieren del conocimiento del estado actual de la fertilidad y productividad de los suelos, del conocimiento de las necesidades hídricas del cultivo y de su respuesta al efecto cambio climático, así como del conocimiento de la situación social, económica y productiva incidentes en los modelos de producción que se practican en la zona, a fin de que se puedan formular estrategias de conservación, recuperación y aprovechamiento de recursos naturales dirigidos a la producción sostenible de la quinua.

Jones (1983) asegura que las características hídricas con mayor influencia sobre la resistencia a la sequía son el potencial foliar, la resistencia estomática y el contenido relativo de agua. Esta resistencia se traduce en el rendimiento y puede servir como criterio de selección entre variedades; pero para definir estas características hídricas son necesarios estudios en el altiplano boliviano que modelen el comportamiento del clima incidente sobre la evapotranspiración máxima de los cultivos, especialmente de la quinua.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

En base a lo descrito es que se plantea como objetivo del proyecto evaluar los efectos del cambio climático en la producción de quinua en la provincia Ladislao Cabrera para la formulación de estrategias de prevención y adaptación.

2.2 Objetivos específicos

– Recopilar y sistematizar la información climatológica del área del proyecto.

- Evaluar el efecto ambiental y la máxima superficie probable de expansión de la frontera agrícola en la provincia Ladislao Cabrera.
- Valorar el estado actual de la fertilidad de los suelos del área del proyecto.
- Evaluar el comportamiento espacial y temporal de las condiciones climáticas incidentes en la producción de quinua en el área del proyecto.
- Generar escenarios del comportamiento multitemporal del rendimiento de la quinua en diferentes condiciones climáticas como consecuencia del cambio climático en la provincia Ladislao Cabrera.
- Evaluar la situación social, económica y productiva de las comunidades que integran el área de influencia del proyecto.
- Formular la estrategia de adaptación al cambio climático orientada a la producción sostenible de la quinua en la provincia Ladislao Cabrera.

3. Metodología propuesta

3.1 Recopilación y sistematización de la información climatológica del área del proyecto

En esta etapa se realizó una recopilación histórica de la información del clima de las estaciones meteorológicas dentro y circundantes al área del proyecto. Toda la información como precipitación, temperatura, humedad relativa, radiación solar y otros fueron analizados y evaluados estadísticamente mediante un análisis de consistencia. La información climática fue solicitada al SENAMHI.

Toda la información climática fue cargada en un Sistema de Información Geórgico, utilizando para ello el ILWIS 3.5. A partir de esta información se procedió a la generación de mapas de temperaturas medias anuales, mapas de precipitaciones y mapas de velocidad del viento.

Para el mapa de temperaturas medias se consideró el factor de descenso de temperatura de 0,46 por cada 100 m de elevación (Orstom/IHH/SENAMHI 1990).

Debido a que no existen estudios que relacionen la precipitación, la radiación solar y la humedad relativa respecto a la altitud en el departamento, en este caso se aplicaron técnicas avanzadas de SIG para la espacialización de las variables climáticas; es así que el método de **interpolación lineal** fue el aplicado para tal efecto.

3.2 Evaluación del efecto ambiental y la máxima superficie de expansión de la frontera agrícola para el cultivo de quinua

Para el cumplimiento de esta actividad se recurrió a técnicas avanzadas de SIG y Teledetección. Las actividades desarrolladas para el mismo fueron:

- Procesamiento digital de imágenes para la clasificación de coberturas vegetales.
- Procesamiento SIG para evaluar el efecto ambiental de la expansión de la frontera agrícola.
- Procesamiento SIG para evaluar la máxima superficie de expansión de la frontera agrícola.

Procesamiento digital de imágenes para clasificación de coberturas vegetales

Tras la homogeneización radiométrica y el ajuste geométrico realizado sobre la imagen satelital Landsat 5 TM tomada en la fecha del 18 de abril de 1992 (*siendo este el periodo inicial de análisis a partir del cual se evaluará el cambio de uso de suelos en la provincia*), se procedió a la identificación de unidades de cobertura vegetal utilizando para ello transformaciones que realzan los tipos de cobertura vegetal en la zona. Por ello se determinó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), que es un indicador de comprobada eficacia para realzar la señal de la vegetación frente a otras cubiertas. Su determinación se realiza mediante la ecuación 1.

$$NDVI = \left[\left(\frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \right) * 127 \right] + 128$$

Donde: NDVI es el índice de Vegetación de Diferencia Normalizada; SWIR es la banda del infrarrojo cercano y el NIR es la banda del rojo. Los valores digitales en el mapa del NDVI oscilan entre -1 a 1, razón por la cual se aplicaron los coeficientes de 127 y 128.

Para extraer la respuesta espectral del mapa de NDVI y obtener las diferentes clases de cobertura vegetal, se clasificó los niveles digitales (ND) en rangos según se detalla a continuación.

< 100	Herbazal denso pajonal, chijial
100 a 125	Herbazal de porte bajo
125 a 132	Asociación herbazal arbustal rala de porte bajo
132 a 140	Arbustal ralo de porte bajo
140 a 148	Suelo desnudo
148 a 152	Salares
> 152	Cuerpos de agua

Procesamiento SIG para evaluar el efecto ambiental de expansión de la frontera agrícola

Debido a que la mayoría de las parcelas de quinua en la provincia Ladislao Cabrera tienen superficies mayores a las 50 has, y que además tienen formas geométricas (rectangulares y romboides), fue sencillo identificar estas unidades en las series de imágenes satelitales utilizadas para tal efecto. Un análisis NDVI fue el punto de partida para evaluar los tipos de cobertura vegetal a partir del cual se extrajeron en layout las parcelas de quinua mediante técnicas de digitalización, las cuales posteriormente fueron validadas en campo mediante levantamiento de datos GPS. La evaluación de la expansión de la frontera agrícola se realizó sobre la siguiente serie de imágenes del satélite Landsat 5 TM, path 233 y row 073:

Landsat 5 TM de 18/04/1992

Landsat 5 TM de 12/03/1996

Landsat 5 TM de 08/04/2000

Landsat 5 TM de 02/03/2004

Landsat 5 TM de 10/02/2008

Landsat 5 TM de 19/03/2010

Terminada la digitalización, se clasificaron las áreas de quinua en parcelas cultivadas y en parcelas en descanso. Simultáneamente se fueron generando los mapas de pendientes, el mapa altitudinal y el mapa de cobertura vegetal. Con esta información se evaluó el comportamiento espacial y temporal de la expansión de la frontera agrícola, el cual fue cruzado con los mapas biofísicos ambientales, obteniéndose datos y mapas de la:

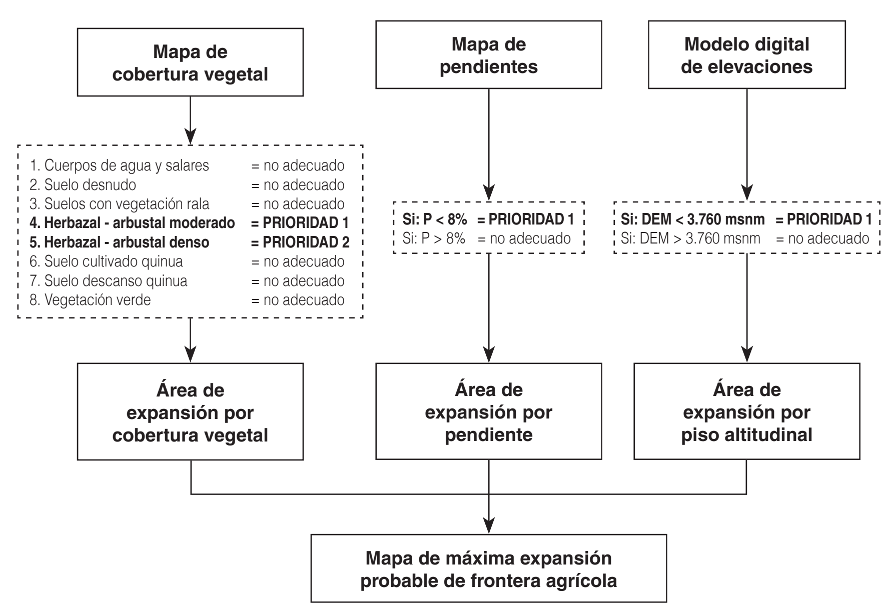
- Expansión de la frontera agrícola por pisos altitudinales.
- Expansión de la frontera agrícola por rangos de pendiente.
- Expansión de la frontera agrícola por clases de cobertura vegetal.

Procesamiento SIG para evaluar la máxima superficie de expansión de la frontera agrícola

Varios son los parámetros considerados para definir las mejores condiciones para la producción de quinua. En el estudio multitemporal de la expansión de la frontera agrícola y el levantamiento de información GPS, se ha encontrado que las unidades con cobertura vegetal del tipo asociación herbazal-arbustal moderado son las que presentan tendencias prioritarias como nuevas zonas productoras de quinua, seguidas de las unidades de asociación herbazal-arbustal denso. También la pendiente es un factor fisiográfico importante especialmente cuando se trata de usar maquinaria agrícola; en este sentido, las superficies con pendiente menor al 8% son las más recomendadas para la producción de quinua. Referente a los pisos altitudinales, se ha encontrado que en la provincia las mayores áreas productoras se encuentran por debajo de los 3.760 msnm. Estos fueron los criterios para establecer las zonas más probables de expansión

de la frontera agrícola. El flujograma 1 muestra la metodología propuesta para el mismo.

Flujograma 1
Metodología propuesta para la determinación de la máxima superficie de expansión de la frontera agrícola en la provincia Ladislao Cabrera



Fuente: Elaboración propia.

3.3 Estudio de fertilidad de suelos

Muestreo y análisis de suelos

Se obtuvieron en total 46 muestras de suelos (ver mapa de puntos de muestreo) de la capa superficial del suelo (25 cm) en toda la provincia Ladislao Cabrera. De este lote, 18 corresponden a muestras de suelo del municipio de Pampa Aullagas y 28 a muestras de suelos del municipio de Salinas de Garci Mendoza (ver reporte de análisis en Anexo 1). Todos los puntos de muestreo fueron georreferenciados con un GPS. De cada punto se extrajeron 3 submuestras, las cuales fueron mezcladas y cuarteadas para la obtención de las respectivas muestras compuestas. Estas se mandaron al laboratorio de análisis

de suelos y aguas de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) de Cochabamba. Los parámetros de análisis fueron:

Parámetros físicos	Unidad	Método
Textura	-----	Bouyoucos
Densidad aparente (Da)	g/cc	Cilindro
Parámetros químicos	**Unidad**	**Método**
pH	-----	Potenciómetro
Conductividad eléctrica (CE)	uS/cm	Conductímetro
Materia orgánica (MO)	%	Walkley-Black
Nitrógeno total (Nt)	%	Kjeldahl
Fósforo disponible (P)	ppm	Olsen
Potasio intercambiable (K)	meq/100 g	Espectrofotómetro
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	meq/100 g	Espectrofotómetro

Valoración de la fertilidad de suelos

Según el Departamento Agrológico del Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia (1996), la valoración de la fertilidad de suelos puede hacerse a través de dos caminos: Uno siguiendo las características que se asocian con la fertilidad de los suelos (pH, CE, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de saturación de bases, porcentaje de carbonato de calcio, relación de absorción de sodio, porcentaje de sodio intercambiable, acidez y aluminio intercambiable). En el cuadro 1 se detalla los parámetros de clasificación de la fertilidad de los suelos asociada a estas características.

Cuadro 1
Criterios para la valoración de la fertilidad de suelos

pH	Determinado	4,0 a 5,0	5,1 a 5,5	5,6 a 6,5	6,6 a 7,5	> 7,6
	Apreciación	Muy ácido	Ácido	Lig. ácido	Casi neutro	Alcalino
	Puntos	-5 a 0	1 a 5	5 a 15	15	15 a 5
CIC (meq/100g)	Determinado	0,0 a 6,0	6,1 a 12,0	12,1 a 25,0	25,1 a 40,0	> 40,1
	Apreciación	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
	Puntos	-5 a 1	1 a 5	5 a 10	10 a 20	20

(Continúa en la siguiente página)

(Continuación de la anterior página)

MO (%)	Determinado	0,0 a 1,7	1,8 a 2,5	2,6 a 4,3	4,4 a 7,5	> 7,5
	Apreciación	Muy pobre	Pobre	Normal	Alto	Muy alto
	Puntos	-3 a 1	1 a 3	3 a 5	5	5 a 1
Nt (%)	Determinado	0,0 a 0,1	0,1 a 0,15	0,15 a 0,25	0,25 a 0,30	> 0,30
	Apreciación	Muy pobre	Pobre	Normal	Alto	Muy alto
	Puntos	-3 a 1	1 a 3	3 a 5	5	5 a 3
P. disponible (ppm)	Determinado	0,0 a 3,0	3,1 a 7,0	7,1 a 15,0	15,1 a 25,0	> 25,1
	Apreciación	Muy pobre	Pobre	Normal	Alto	Muy alto
	Puntos	-5 a 1	1 a 5	5 a 15	15	15 a 5
Fertilidad Σ pts/10	Puntaje	-5 a 2	3 a 5	6 a 8	9	10
	Apreciación	Muy baja	Baja	Moderada	Md. a Alta	Alta

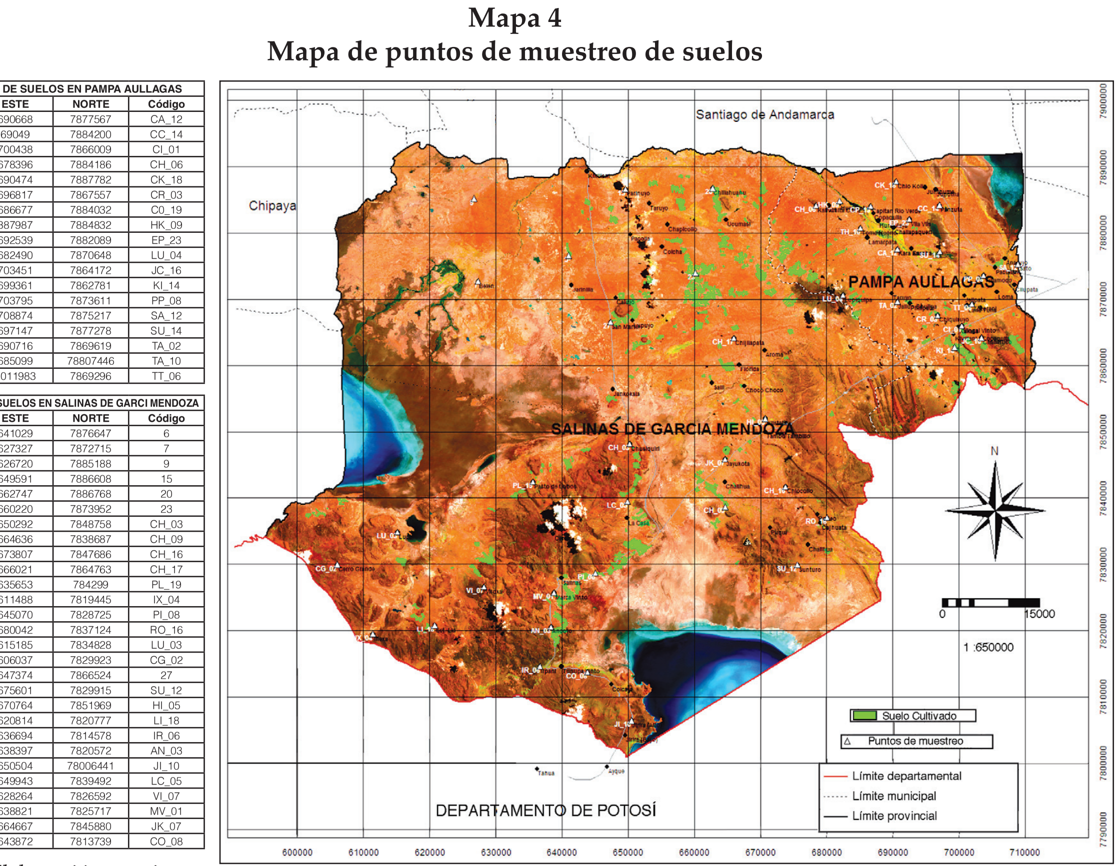
Fuente: Dpto. Agrológico del Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia, 1996.

La otra clasificación, se basa en la medida del índice de disponibilidad de nutrientes. Estos índices pueden ser la fracción soluble, intercambiable, extraíble, fijada o mineralizable. Ejemplos de fracciones son: N-nítrico, el fósforo soluble o extraíble, la concentración de K, Ca, Mg, Na soluble, intercambiables, la concentración de Fe, Mn, Zn, Cu y Mo extractable, y el boro soluble en agua.

En el presente estudio se ha recurrido a la valoración de la fertilidad de suelos en base a los parámetros de pH, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica, nitrógeno total y fósforo disponible, esto principalmente por el tiempo y la disponibilidad limitada de recursos económicos. Producto de esta valoración se ha obtenido el mapa 4 identificando las zonas según grados de fertilidad de suelos, siendo estos:

- Zonas con alta fertilidad de suelos
- Zonas con moderada fertilidad de suelos
- Zonas con baja fertilidad de suelos

Mapa 4
Mapa de puntos de muestreo de suelos



MUESTREO DE SUELOS EN PAMPA AULLAGAS			
Nº	ESTE	NORTE	Código
1	690668	7877567	CA_12
2	69049	7884200	CC_14
3	700438	7866009	CI_01
4	678396	7884186	CH_06
5	690474	7887782	CK_18
6	696817	7867557	CR_03
7	686677	7884032	C0_19
8	387987	7884832	HK_09
9	692539	7882089	EP_23
10	682490	7870648	LU_04
11	703451	7864172	JC_16
12	699361	7862781	KI_14
13	703795	7873611	PP_08
14	708874	7875217	SA_12
15	697147	7877278	SU_14
16	690716	7869619	TA_02
17	685099	78807446	TA_10
18	7011983	7869296	TT_06

MUESTREO DE SUELOS EN SALINAS DE GARCI MENDOZA			
Nº	ESTE	NORTE	Código
1	641029	7876647	6
2	627327	7872715	7
3	626720	7885188	9
4	649591	7886608	15
5	662747	7886768	20
6	660220	7873952	23
7	650292	7848758	CH_03
8	664636	7838687	CH_09
9	673807	7847686	CH_16
10	666021	7864763	CH_17
11	635653	784299	PL_19
12	611488	7819445	IX_04
13	645070	7828725	PI_08
14	680042	7837124	RO_16
15	615185	7834828	LU_03
16	606037	7829923	CG_02
17	647374	7866524	27
18	675601	7829915	SU_12
19	670764	7851969	HI_05
20	620814	7820777	LI_18
21	636694	7814578	IR_06
22	638397	7820572	AN_03
23	650504	78006441	JI_10
24	649943	7839492	LC_05
25	628264	7826592	VI_07
26	638821	7825717	MV_01
27	664667	7845880	JK_07
28	643872	7813739	CO_08

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Evaluación del comportamiento espacial y temporal de las condiciones climáticas incidentes en la producción de quinua en la provincia

Jones (1983) afirma que las características hídricas que tienen mayor influencia sobre la resistencia a la sequía son: el potencial foliar, la resistencia estomática y el contenido relativo de agua. Esta resistencia se traduce en el rendimiento de los productos y puede utilizarse como criterio de selección entre diferentes variedades. Sin embargo, para poder definir correctamente estas características, es necesario realizar estudios previos de comportamiento espacial y temporal de las variables climáticas incidentes en la evapotranspiración máxima del cultivo de quinua (ETo). En este sentido fue necesario realizar:

- Un análisis de la información climática disponible
- Una evaluación el comportamiento espacio-temporal de la ETo
- Una determinación de las necesidades hídricas del cultivo de quinua

Información climática disponible

Los reportes climáticos corresponden a los registros de las estaciones de Salinas de Garci Mendoza, San Martín, Ucumasi, Quillacas, Challapata, Andamarca, Huachacalla y Todos Santos. La información fue adquirida del SENAMHI-Oruro y el periodo de adquisición corresponde de 1990 a 2008. El mapa 5 muestra la ubicación de las estaciones climáticas.

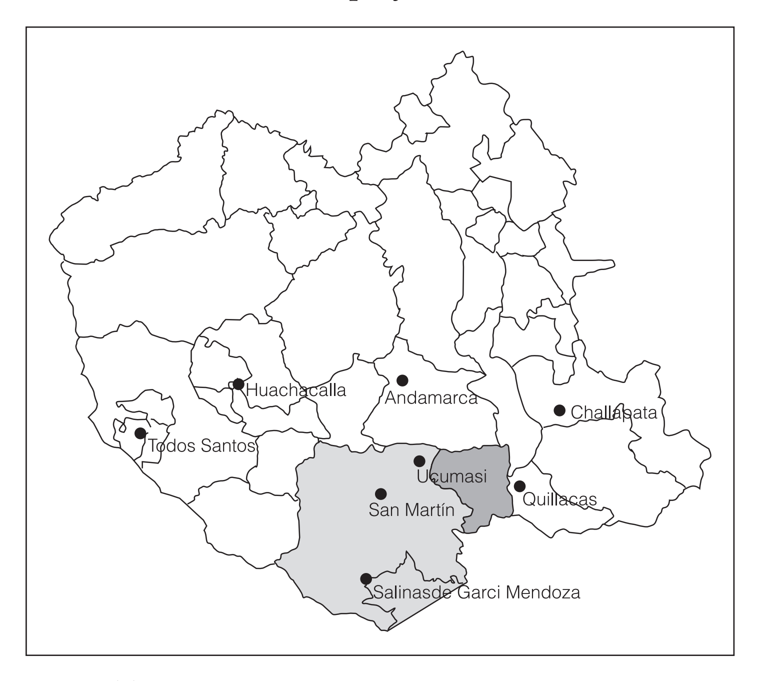
Debido a que existen muchos datos faltantes en las planillas climáticas, se vio por convenirte agrupar los reportes por periodos de análisis. En este sentido, se agruparon los datos en los siguientes periodos:

Primer periodo de análisis:	1990-1998
Segundo periodo de análisis:	1990-2000
Tercer periodo de análisis:	1990-2002
Cuarto periodo de análisis:	1990-2004

Quinto periodo de análisis: 1990-2006

Sexto periodo de análisis: 1990-2008

Mapa 5
Ubicación de las estaciones climáticas influyentes en el área del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

Evapotranspiración potencial (ETo)

El modelo Penman Monteith fue el método utilizado para evaluar la Evapotranspiración máxima en el área del proyecto. Este método, además, tiene la ventaja de integrar algunas variables climáticas (radiación solar, temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento) que usualmente no son consideradas en otros métodos como Blanney-Criddle, Thorntwaite y otros. Como el modelo integra una serie de variables, tiene la ventaja de que al ser introducidos en un Sistema de Información Geográfica (SIG), el estudio de su comportamiento espacial y temporal se hace más sencillo. En este sentido se obtuvieron:

- Mapas espacio-temporales de las temperaturas medias
- Mapas espacio-temporales de las velocidades del viento

La ecuación 2 describe las variables de la ecuación Penman Monteith:

$$ETo = c\left[W * Rn + (1 - W) * f(u) * (ea - ed)\right]$$

Donde: **ETo** es la evapotranspiración real (mm/día); **W** es un factor de ponderación para los efectos de la radiación sobre la evapotranspiración a diferentes temperaturas y altitudes; **Rn** es la radiación neta total (equivalente evaporación mm/día); **f(u)** es una función de la velocidad del viento en km/día a una altura de 2 metros; **ea** es la presión de saturación del vapor de agua (mmb); **ed** es la presión real del vapor de agua (mmb); y **c** es el factor de ajuste.

a. Temperatura del aire

La fórmula de Penman Monteith utiliza la temperatura promedio por mes. En terrenos planos, la espacialización de la temperatura se puede hacer mediante una interpolación lineal, pero en las serranías (cordillera), este método no funciona, razón por la cual en un SIG se generó un algoritmo que relaciona el descenso término de la temperatura de 0,46ºC por cada 100 m, usando para el efecto un modelo de elevación digital del terreno de toda la provincia.

b. ***Humedad del aire***

- Presión de vapor en saturación (ea) en mbar, como una función de la temperatura media del aire (t) en ºC. Ecuación 3.

$$ea(mbar) = 6{,}105 x e^{\left(25{,}22 x \frac{t}{t+273} - 5.31 \ln \frac{t+273}{273}\right)}$$

- Presión de vapor actual (ed) en mbar, como función de la humedad relativa media (HR). Ecuación 4.

$$ed = \frac{ea * RH}{100}$$

- Pendiente de la curva de presión de vapor (A) en mbar/ºC, como función de la presión de vapor de saturación (ea) y la temperatura media (t) del mes. Ecuación 5.

$$A = 5.300 * \frac{ea}{(t+273)^2}$$

c. Parámetros atmosféricos

- Constante psicrométrica (S) en mbar/ºC, como función de la altura de la estación meteorológica (Z) en msnm y la temperatura media (t) del mes. Ecuación 6.

$$S = 0{,}3852 * \left(\frac{1.013 - 0{,}115 * Z}{597{,}3 - 0{,}56 * t} \right)$$

- Factor de ponderación adimensional (W), como función de la pendiente de la curva de presión de vapor (A) y la constante psicrométrica (S). Ecuación 7.

$$W = \frac{A}{(A+S)}$$

d. Velocidad del viento

- Ajuste de la velocidad del viento a 2 metros (V_2) en km/día, como función de la velocidad del viento (V) medido a una altura (z). Ecuación 8.

$$V_2 = V * \left(\frac{2}{z} \right)^{0{,}2}$$

- Función de velocidad del viento f(u), como función de la velocidad del viento a 2 metros (V_2). Ecuación 9.

$$f(u) = 0{,}27 \left(1 + \frac{V_2}{100} \right)$$

e. Radiación

- Radiación solar (Rs) en mm/día, como función del número de horas del sol (n), el número máximo de horas del sol (N) y la radiación que llega al exterior de la atmósfera (Ra) en mm/día.

Ecuación 10.

$$Rs = (0{,}25 + 0{,}50 * \frac{n}{N}) * Ra$$

En el Anexo 2 se muestran los valores de porcentaje medio de horas diurnas anuales a diferentes latitudes (n). En el Anexo 3 se muestran los valores de la duración máxima diaria media de horas de fuerte insolación (N) y en el Anexo 4 se muestran los valores de la radiación que llega al exterior de la atmósfera, todos expresados a diferentes latitudes y meses.

- Radiación solar neta de onda corta (Rns) en mm/día, como función de la radiación solar (Rs) y el albedo (albedo = 0,25 para praderas). Ecuación 11.

$$Rns = (1 - albedo) * Rs$$

En una tabla de cálculos en un SIG se puede determinar el valor de Rns para cada una de las estaciones climáticas puntuales de un proyecto. Pero para cuestiones de espacialización, es preciso realizar estos mismos cálculos para las estaciones circundantes y dentro del área. El cuadro 2 muestra los cálculos para la determinación de la Radiación solar neta de onda corta (Rns).

Cuadro 2
Radiación solar neta de onda corta (Rsn) en mm/día y función de f(n/N) en las estaciones climáticas

Estación climátca	Altura	n	Nn	Ra	n_N	Rs	albedo	Rns	f_nN
Andamarca	3.773	6,72	12,3	15.025	0,55	7.888	0,25	5.916	0,595
Challapata	3.733	6,72	12,3	15.022	0,55	7.887	0,25	5.915	0,595
Huachacalla	3.744	6,72	12,3	15.024	0,55	7.888	0,25	5.916	0,595
Quillacas	3.730	6,72	12,3	15.015	0,55	7.883	0,25	5.912	0,595
Salinas de Garci Mendoza	3.740	6,72	12,3	15.007	0,55	7.879	0,25	5.909	0,595
San Martín	3.732	6,72	12,3	15.014	0,55	7.882	0,25	5.912	0,595
Todos Santos	3.805	6,72	12,3	15.020	0,55	7.886	0,25	5.915	0,595
Ucumasi	3.764	6,72	12,3	15.043	0,55	7.898	0,25	5.924	0,595

Fuente: Elaboración propia.

- Radiación neta de onda larga (Rnl), como función de las funciones f(t), f(ed) y f(n/N). Ecuación 12.

$$Rnl = f(t) * f(ed) * f\left(\frac{n}{N}\right)$$

- Función de f(t), como función de la constante de Stefan Bolfman (s) cuyo valor en mm es de $0{,}2x10^{-8}$ y Tk que es la temperatura expresada en ºK (Tk = 273+t). Ecuación 13.

$$f(t) = s * Tk^4$$

- Función de f(ed), como función de (ed). Ecuación 14.

$$f(ed) = 0{,}34 - 0{,}044 * \sqrt{ed}$$

- Función de f(n/N), como función de las horas diurnas anuales (n) y la duración máxima diaria media de horas de fuerte insolación (N). Ecuación 15.

$$f(n/N) = 0{,}1 + 0{,}9 * \left(\frac{n}{N}\right)$$

- Radiación neta (Rn) en mm/día, como función de la radiación solar de onda corta (Rns) y la radiación solar de onda larga (Rnl). Ecuación 16.

$$Rn = Rns - Rnl$$

f. Factor de corrección (c)

- Factor de corrección (C), como función de la humedad relativa máxima (HR_M), radiación solar (Rs), velocidad del viento del día (Ud) en m/s y el cociente de la velocidad del viento del día y de la noche (DN). Ecuación 17.

$$C = a_0 + a_1 HR_M + a_2 Rs + a_3 Ud + a_4 DN + a_5 UdDN + a_6 HR_M RsUd + a_7 HR_M RsDN$$

$$Ud = \frac{V_2 * DN}{DN + 1}$$

Donde: DN = 2

a_0 = 0,6817006

a_1 = 0,0027864

a_2 = 0,0181768

a_3 = - 0,0682501

a_4 = 0,0126514

a_5 = 0,0097297

a_6 = 0,43025 x 10^{-4}

a_7 = - 0,92118 x 10^{-7}

Necesidades hídricas del cultivo de quinua

Las necesidades netas de riego de un cultivo vienen definidas por la: evapotranspiración del cultivo (ETc) y la precipitación efectiva (Pe) caída en el sector. La ecuación 19 describe las variables para el cálculo de las necesidades hídricas:

$$Nn = ET(cultivo) - Pe$$

a. Evapotranspiración del cultivo

La evapotranspiración del cultivo (ETc) se obtiene mediante el producto de la evapotranspiración máxima del cultivo (ETo) por el coeficiente del cultivo, FAO-56 (Allen *et al.*, 1998). La ecuación 20 muestra las variables de cálculo de la ETc.

$$ETc = Kc \times ETo$$

Para el caso de estudio, los valores de Kc corresponden a los encontrados en parcelas experimentales llevadas a cabo en la estación de Patacamaya en el ciclo 1989/1990 (Choquecallata *et al.*, 1990). El cuadro 3 muestra la evolución de la Kc de la quinua de acuerdo a su desarrollo morfo-fisiológico y fenológico. Se observa que los más altos valores del coeficiente de desarrollo se registraron en las fases fonológicas de floración e inicios de grano lechoso donde la Kc está en el orden de los 1,08 y 1,14, respectivamente.

Cuadro 3
Valores de Kc de la quinua determinado en la estación experimental de Patacamaya (1989/1990)

Periodo	Kc	Fase fenológica
15/12/89 - 17/12/89	0,58	Cuatro hojas verdaderas
05/01/90 - 10/01/90	0,63	Inicio de panojamiento
11/01/90 - 16/01/90	0,73	Panojamiento
26/01/90 - 31/01/90	0,90	Inicio de floración
03/02/90 - 11/02/90	1,01	Floración o antesis
13/02/90 - 20/02/90	1,08	Floración o antesis
01/03/90 - 08/03/90	1,14	Inicio de grano lechoso
10/13/90 - 19/03/90	1,00	Fin de grano lechoso
23/03/90 - 05/04/90	0,78	Grano pastoso

Fuente: Choquecallata J. *et al.*, 1990.

El cuadro 4 muestra los parámetros necesarios para el cálculo de las necesidades hídricas del cultivo de quinua para el sector de la provincia Ladislao Cabrera. En el mismo se detalla la fecha de siembra correspondiente a un promedio de fechas de siembra recogidas según encuestas. El gráfico 4 muestra la curva de Kc por mes, calculado según los datos de la tabla 1.

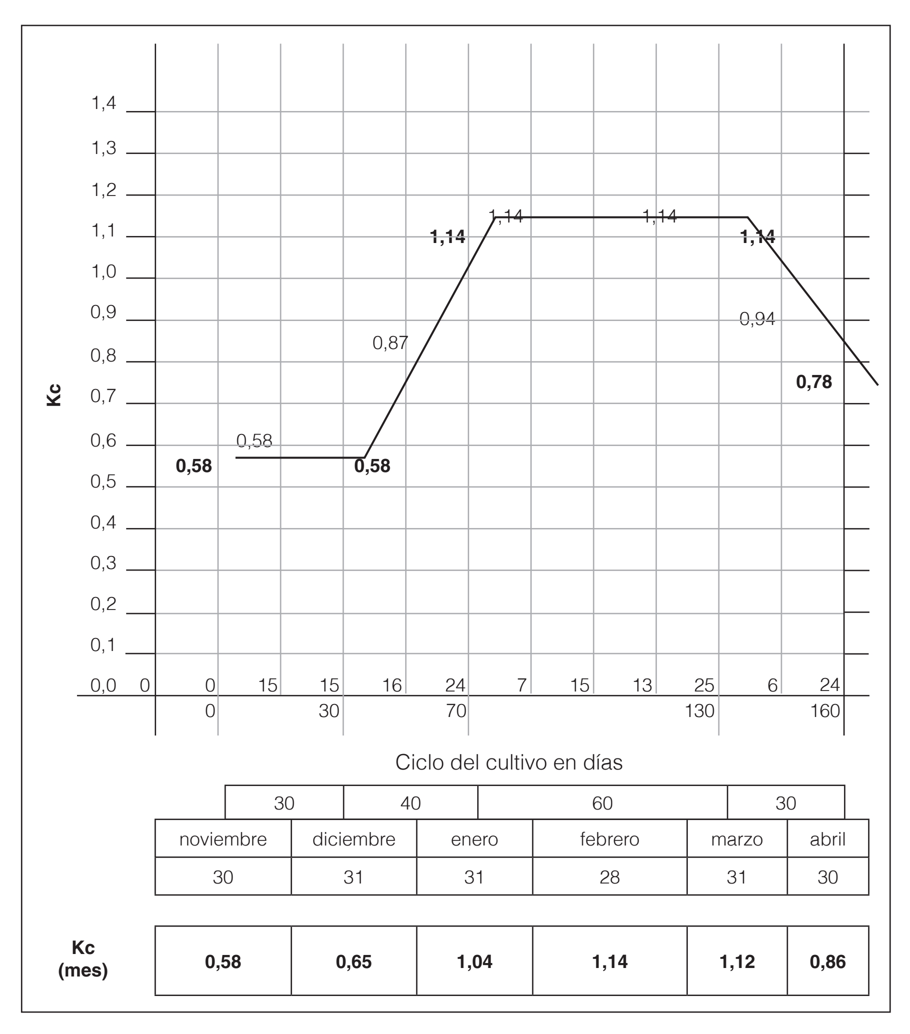
Cuadro 4
Parámetros agronómicos del cultivo de quinua en la provincia Ladislao Cabrera

Fecha de siembra: 15 de noviembre
Ciclo del cultivo: 160 días

Etapa	Fase fenológica	Kc	Duración (días)
1	Germinación a la duración de 4 hojas verdaderas	0,58	30
2	Inicio panojamiento a inicio floración	0,75	40
3	Floración o antesis a fin del grano lechoso	1,14	60
4	Grano pastoso a la cosecha	0,78	30

Fuente: Choquecallata J. *et al.*, 1990.

Gráfico 4
Curva de Kc del cultivo de quinua



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1
Tabla de valencias y símbolos

ea: Presión de vapor en saturación.
mbar: Unidad de presión milibar.
e: Logaritmo natural que tiene como base el número 2,71828182.
RH: Humedad relativa.
ed: Presión de vapor actual.
A: Pendiente de la curva de presión de vapor.
S: Constante psicrométrica.
Z: Altura de la estación meteorológica en metros sobre el nivel del mar (msnm).
W: Factor de ponderación adimensional.
V2: Velocidad del viento a dos metros de altura.
V: Velocidad del viento en la estación meteorológica.
z: Altura de registro de la velocidad del viento en metros.
f(u): Función de velocidad del viento.
Rs: Radiación solar.
N: Duración máxima diaria media de horas de fuerte insolación.
n: Horas diurnas anuales.
Ra: Radiación que llega al exterior de la atmósfera.
Rns: Radiación solar neta de onda corta.
Rnl: Radiación neta de onda larga.
albedo: Relación entre la radiación reflejada e incidente de una superficie.
f(t): Función de la constante de Stefan Bolfman.
f(ed): Función de la presión de vapor de saturación.
f(n/N): Relación entre las horas diurnas anuales y el máximo de horas diurnas de fuerte insolación.
Tk: Temperatura del ambiente expresado en grados Kelvin.
°K: Unidad de temperatura en grados Kelvin.
Rn: Radiación neta.
°C: Unidad de temperatura en grados Centígrados.
HRM: Humedad Relativa Máxima.
Ud: Velocidad del viento diario.
DN: Cociente entre la velocidad del viento del día y de la noche.
ETc: Evapotranspiración potencial del cultivo.
Pe: Precipitación efectiva.
Nn: Necesidades netas de agua del cultivo.
ETo: Evapotranspiración potencial.
Kc: Coeficiente de cultivo.

b. Precipitación efectiva

En su sentido más obvio, la precipitación efectiva es la precipitación útil o utilizable para la producción del cultivo. Existen diferentes métodos para estimar la precipitación efectiva (Pe), según se consideren de mayor o menor peso los diferentes factores que intervienen en el aprovechamiento de la precipitación caída. Las ecuaciones 21 y

22 describen las variables para el cálculo de la precipitación efectiva en base a la precipitación (P) caída durante el mes.

$$\text{Si } P>75mm \quad Pe = 0,8P - 25$$

$$\text{Si } P<75mm \quad Pe = 0,6P - 10$$

Como se puede observar en la ecuación 21, si la precipitación mensual registrada en la estación pluviométrica es mayor a 75 mm, la **precipitación efectiva** será el producto de la precipitación registrada por 0,8 menos 25. En cambio, si la precipitación mensual registrada es menor a 75 mm, se procede según la ecuación 22.

3.5 Escenarios del comportamiento multitemporal del rendimiento de la quinua como efectos del cambio climático

La generación de escenarios de comportamiento de la producción de quinua se realizó con el apoyo del software AQUACROP, el cual tiene la ventaja de integrar la información climática y edafológica, así como la forma de manejo del cultivo, reportando la producción de biomasa y rendimiento. La facilidad de uso del AQUACROP, el requisito mínimo de parámetros de entrada y su grado de precisión suficiente de simulación lo convierten en una valiosa herramienta para la estimación de la productividad de los cultivos en condiciones de secano, complementarios y de riego deficitario.

3.6 Evaluación de la situación social, económica y productiva de las comunidades que integran el área del proyecto

Los medios que se utilizaron para recabar la información social, económica y productiva fueron: el Diagnóstico Rural Participativo (DRP) —con informantes claves y productores— y la recopilación de información de los Planes de Desarrollo Municipal (PDM).

Para el DRP, un grupo de encuestadores junto con el investigador designado fueron los responsables de hacer el levantamiento de datos en las comunidades. Para el efecto se elaboró un cuestionario con la finalidad de conocer la situación actual respecto al comportamiento

socio-económico de la producción de quinua en los municipios de Salinas de Garci Mendoza y Pampa Aullagas. Aspectos que fueron recogidos en el mismo consideran:

a. Datos de identificación
b. Datos acerca de la participación en actividades productivas
c. Orientación al mercado

La información recogida posteriormente fue sistematizada y analizada, siendo ésta un insumo valioso para la formulación de la propuesta de proyecto.

3.7 Formulación de la estrategia de adaptación al cambio climático para la producción sostenible de la quinua en la provincia Ladislao Cabrera

En base a la información generada en la fase de investigación, se priorizó la formulación de un solo proyecto como medida de adaptación al efecto de cambio climático para la producción sostenible de la quinua en la provincia Ladislao Cabrera. La formulación de la estrategia consideró no solo la producción de quinua, sino de los factores ambientales incidentes en el cultivo, siendo estos:

- Cambios de uso de suelos
- Tendencias de expansión de la frontera agrícola
- Aspectos climáticos
- Fertilidad de suelos
- Problemática de fuentes de materia orgánica en el sector
- Tendencia de los procesos de desertificación de tierras en zonas áridas

CAPÍTULO II
Resultados

1. Información recopilada ambiental, social y productiva

1.1 Situación general del departamento

El departamento de Oruro está ubicado al oeste de Bolivia; limita al norte con el departamento de La Paz; al sur con el departamento de Potosí; al este con los departamentos de Cochabamba y Potosí y al oeste con la República de Chile. Tiene una extensión de 53.558 km^2; siendo la capital la ciudad de Oruro.

Población y pobreza del departamento

En el departamento 67,8% de la población es pobre, cifra que equivale a 258.767 habitantes, quienes carecen de servicios básicos, residen en viviendas sin condiciones apropiadas, tienen bajos niveles de educación y/o presentan inadecuada atención de salud. En el cuadro 5 se muestra la población total y la población por situación de pobreza en el departamento.

1.2 Situación general del municipio de Salinas de Garci Mendoza

Aspectos territoriales

El municipio de Salinas de Garci Mendoza tiene una extensión de 4.875 km^2. Parte de los salares de Uyuni y Coipasa se encuentran en el territorio de este municipio. El cuadro 6 muestra las características generales del municipio de Salinas de Garci Mendoza.

Cuadro 5
Población total y población por situación de pobreza por provincias

Provincia	Total	Que reside en viviendas colectivas y otras	Que reside en viviendas particulares	No pobres		Pobres	
				Total	Porcentaje	Total	Porcentaje
Oruro	**391.870**	**10.277**	**381.593**	**122.826**	**32,2**	**258.767**	**67,8**
Cercado	241.230	7.138	234.092	103.978	44,4	130.114	55,6
Eduardo Avaroa	27.675	583	27.092	2.555	9,4	24.537	90,6
Carangas	10.505	236	10.269	269	2,6	10.000	97,4
Sajama	9.096	500	8.596	461	5,4	8.135	94,6
Litoral	4.555	320	4.235	458	10,8	3.777	89,2
Poopó	14.984	136	14.848	3.270	22,0	11.578	78,0
Pantaleón Dalence	23.608	348	23.260	8.263	35,5	14.997	64,5
Ladislao Cabrera	11.698	107	11.591	368	3,2	11.223	96,8
Atahuallpa	7.114	406	6.708	224	3,3	6.484	96,7
Saucari	7.763	177	7.586	777	10,2	6.809	89,8
Tomás Barrón	5.424	61	5.363	445	8,3	4.918	91,7
Sud Carangas	6.136	28	6.108	216	3,5	5.892	96,5
San Pedro de Totora	4.941	41	4.900	28	0,6	4.872	99,4
Sebastián Pagador	10.221	112	10.109	1.289	12,8	8.820	87,2
Puerto de Mejillones	1.130	23	1.107	23	2,1	1.084	97,9
Nor Carangas	5.790	61	5.729	202	3,5	5.527	96,5

Fuente: INE-UDAPE, 2008.

Cuadro 6
Características generales de Salinas de Garci Mendoza

Fecha de creación	13/10/1941
Departamento	Oruro
Provincia	Ladislao Cabrera
Sección	Primera
Cantones	8
Localidades	176
Código INE	40801
Categoría Poblacional	B
Superficie (km^2)	4.875
Altitud (msnm)	3.800
Temperatura (°C)	8
Actividad económica	Agropecuario

Fuente: Ministerio de Autonomías, 2010.

La capital del municipio es la localidad de Salinas de Garci Mendoza, que se encuentra a 280 km de distancia de la ciudad de Oruro. La unidad departamental de Ordenamiento Territorial y Administrativo de Oruro en su informe final aprobado con ordenanza municipal Nº 03/97 indica que el municipio de Salinas de Garci Mendoza territorialmente está dividido en 3 distritos, 8 cantones, 134 comunidades y 13 ayllus. De los 13 ayllus del municipio, 4 son los más representativos en la zona sud (Ayllu Thunupa, Huatari, Cora Cora y Yaretani), siendo los cantones poblados más importantes Aroma, Ucumasi, Challacota, Puqui y Luca. En el cuadro 7 se muestra la distribución de las comunidades por distritos, cantones y ayllus.

Por el tipo de suelo y ocupación del territorio se identifican dos zonas agro ecológicas en el municipio, cada una con características propias: la zona norte caracterizada por ser una zona ganadera, donde la principal actividad de los pobladores es la crianza de llamas. En esta se evidencia la presencia de una gran variedad de pastos; los cantones de Challacota, Concepción de Belén, Aroma y Villa Esperanza se encuentran en esta zona del municipio. La zona sud se dedica a la agricultura, específicamente al cultivo de quinua. Los cantones del ayllu Thunupa, Cora Cora, Huatari y Yaretani se encuentran en esta zona.

Cuadro 7
Distribución de las comunidades por distritos y ayllus

Distrito	Cantón	Ayllu	Nº Com.	Comunidades
No tiene	Aroma	Sullka I	6	Cruce Challhuiri, Chijlla Vinto, Papuncuni, Liquipujio, Cotimbora, Pampa Uta.
		Chahuara	7	Chijlla Pata, Ckomuta, Irokahua, Collpuma, Salquire, Vilaque y Aroma.
		Mallcoca	4	Pozo al Mar, Tholamayu, Papaquiri, Janko Lacka.
	Villa Esperanza	Sullca II	7	Villa Esperanza, Santa Rosa de Lupuyo, Cotaña, Capura, Pichi Pichi, Vitoco, Chiquiruyo.
Puqui		Yaretani	18	Tambillo, Jilstata, Cañavicota, Jupacollo, Rodeo, Catuyo, Cochevillque, Cajuata, Quitamalla, Challuma, Chite Vinto, Sunturo, Lipipujio, Sihualaca, Puqui, Challhua, Choquevillque, Jayocota Vinto.
No tiene	Salinas	Cora Cora	19	Castilluma-Cajchi Pitca-circuta, Pisalaca, Querecaya, Achooco, Lackaza, Soloja, Cacohota, Sackani, Chusiquire, Lagua Cruz, Paicore, Quijine, Pasto de Lobos, Calloalca, Oroncollo, Chocochoco, Sallisuicuni y Florida.
		Huatari	18	Tocoroma, Alcaya, Otuyo, Huaylluma, Viruxa, Yuja, Pulcaya-condoriquiña, Iranuta, Chilalo, Acalaya, Lia, Inexa-Taipicollo, Isbaya-Caruta, Luca, Alapaxa, Vacuyo, Tauca y Cerro Grande.
	Jirira	Thunupa	17	Sivingani, Marca Vinto, Pacocollo, Rosapata-Huayco, Japuma, Hancoyo-Trapiche, Tunupa Vinto, Colcaya, Churacari, jirira, Irpani, Saitoco, Quiritani, Vituyo, Quiquisani, Peña Blanca, Coota.
Ucumasi		Pichacani	9	Challahuma, Taruyo, Chapicollo, Pacollo, Colcha, Caluyo, Circuta, Orcoyo y Tulcasi.
	Ucumasi	Collana	11	Vila vila, Capuyo, Huaricasa, Vicuyo, Yurita, Lirima, Challahuano, Villcuyo, Cerro Blanco, Parinuyo y Ucumasi.
Challacota	Challacota	San Miguel	5	Challacota, Jarinilla, Parco, Cañavi, Quewayllani.
	San Martín	Pajcha	12	Viacollo, Kancko Kala, Copasalli, Tonavi, Lupuyo, Vila Vila, Chulucuma, Catavi, Alianza, Circuhuano, Catavinto y San Martín.
	C. Belén	Entre Ríos	2	Concepción de Belén y Exaltación de Humatia (Vice Cantón).

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal de Salinas de Garci Mendoza.

Según el Ministerio de Desarrollo Humano (1997), la densidad del municipio es de 1,27 habs./km^2. Según los datos del Instituto Nacional de Estadística sobre la tasa de crecimiento, se tiene que esta alcanzó a 4,48% entre 1992 y 2001. El tamaño del hogar particular es de 3,1 habitantes.

Aspectos ambientales

Topografía: Según el relieve y la geomorfología de la región, el municipio está compuesto por una extensa planicie con ondulaciones. Aproximadamente 40% del territorio es plano. En el municipio se pueden encontrar macizos volcánicos aislados, con depósitos coluvio-fluviales de morfología plana y convexa. Fisiográficamente, la zona norte es plana y en esta se encuentran serranías aisladas en San Martín (Pajcha y el Willi Willi). En Ucumasi se destaca la serranía de Pichicani, en el sector sur se tiene al Thunupa y Cora Cora y al Oeste se levanta el Cerro Grande. El volcán Thunupa tiene una altitud de 5.432 msnm y comienza con la denominada Cordillera de Sabaya, con una dirección de este a oeste. En forma aislada aparecen sedimentos de edad cretácica conformando rocas como calizas y yeso, los cuales constituyen verdaderos cuerpos y/o yacimientos diapíricos.

Según el mapa simplificado de ecorregiones, el territorio ocupado por el municipio corresponde a puna árida y semiárida, con salares de piso alto andino, cuyos suelos están compuestos por material de erosión de las partes altas y laderas de la cordillera occidental. La vegetación natural primaria corresponde a los tholares, yaretales y estepa espinoso, también se dan bofedales en las regiones de Challacota y Concepción de Belén.

Clima: Según la clasificación de *Thornwaith*, el clima de Salinas de Garci Mendoza corresponde al tipo semiárido con fríos extremos secos en invierno. Los severos fríos y la falta de humedad hacen que la vegetación se vea reducida tanto en su crecimiento como en su densidad. Según los datos proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), entre los años 1998 y 2001, la temperatura media anual alcanzó los 8,8 ºC; la temperatura máxima media fue de 17,7 ºC y la temperatura mínima media de 0,2 ºC. Los meses en que se tiene temperatura media elevada son: diciembre con

11,3 ºC y enero con 11,2 ºC. La precipitación media anual es de 251 mm, existiendo periodos con fuentes lluvias, que son los meses de enero (97 mm) y febrero (51,2 mm) y periodos con poca lluvia que son los meses de septiembre (3 mm) y noviembre (4 mm).

Según la información climatológica, en el municipio se cuenta con un promedio de 144,8 días de heladas al año. Las peligrosas son las que se presentan en noviembre-diciembre-enero y febrero. Las heladas ocurridas durante los meses de mayo, junio y julio son favorables para la elaboración del chuño.

Recursos edafológicos: Los suelos en la región presentan alto contenido de sales y varían de textura (franco-arenosos, arenosos, y arenosos arcillosos). El contenido orgánico es en general reducido. También existen áreas con bofedales que poseen un tipo de suelo en el que la materia orgánica se encuentra bajo una capa de agua —y por tanto protegidos de la oxidación— con suelos de color oscuro casi enteramente de origen volcánico. De acuerdo al tipo de suelo, se pueden distinguir dos zonas: en la parte norte suelos franco-arcillosos con cobertura vegetal de gramadales y jankial (se indica que este sector es favorable para producción de pastos nativos destinados a la alimentación de llamas) y en la parte sud los suelos son franco-arenosos, por sus propiedades y su contenido de carbonatos, por lo que se constituyen como áreas con condiciones favorables para el cultivo de la quinua.

Recursos forestales: En cuanto a la vegetación, se cuenta con grandes extensiones de tholares (22,4% de la superficie), que tienen su hábitat en terrenos arenosos; pero su explotación se realiza sin ningún control, principalmente por parte de los comercializadores de leña (principalmente las tholas: suppu thola y la parastrephya lepidophyla). Su uso como combustible para la cocción de alimentos y calefacción de las viviendas también son los causales de la alta tasa de deforestación que se reporta en el sector.

Recursos hídricos: La principal fuente de agua para muchas comunidades (Chalcota, Concepción de Belén, Ucumasi) es el río Lakajahuira, el cual a menudo es la única fuente de agua para el ganado en época seca. Las aguas subterráneas también representan

una fuente de agua para las poblaciones y son extraídas de pozos (el 80% de las comunidades se abastece de agua de pozos o norias). Se estima que existen grandes volúmenes de aguas subterráneas que son aptas para el consumo humano en las cercanías de San Martín y Salinas de Garci Mendoza.

Aspectos sociales

Migración: Aproximadamente, el 30% de los pobladores abandonan sus comunidades causando la ruptura de las tradiciones locales, percibiéndose cierto equilibrio en la migración de los varones y las mujeres. Las razones para dejar sus comunidades son similares; el varón por motivos familiares, de estudio o trabajo y la mujer por el cambio de estado civil, el comercio o el trabajo doméstico. Se da generalmente entre los 16 y los 30 años.

Educación: En el municipio se cuenta con dos sistemas de educación: formal y no formal. La provincia Ladislao Cabrera cuenta con una dirección distrital denominada Dirección Distrital de Salinas de Garci Mendoza/Pampa Aullagas, que compone a cinco núcleos educativos, de los cuales cuatro pertenecen al municipio de Salinas de Garci Mendoza y uno al de Pampa Aullagas.

Los cuatro núcleos educativos en el municipio de Salinas de Garci Mendoza están compuestos por tres colegios, cinco escuelas y 26 escuelas seccionales. Referente a la cobertura en educación, el núcleo escolar Ladislao Cabrera cubre al 34% del municipio; 24% de cobertura lo tiene el núcleo escolar de Puqui y comparten con el 21% de cobertura los núcleos de San Martín y Ucumasi.

El 50% de las unidades educativas cuenta con agua potable y solo el 29% consume agua de pozo obtenida en algunos casos mediante bombeo. Solo el 21% de los establecimientos no tiene ninguna fuente de agua. En cuanto a los servicios de higiene, el 27% de las unidades educativas cuenta con pozos ciegos, el 37% cuenta con baterías sanitarias húmedas y el 38% no cuenta con ningún tipo de servicios higiénicos.

En el municipio también se cuenta con el Centro Técnico Humanístico Agropecuario (CETHA), el cual es parte del núcleo educativo Ladislao Cabrera, institución que también tiene su residencia en la capital del municipio. Este centro brinda educación humanística en forma semestral y educación técnica en forma anual.

Según el Servicio Departamental de Educación (SEDUCA) (1999), en el municipio de Salinas de Garci Mendoza la proporción de personas que no saben leer ni escribir llega a aproximadamente el 18,07%, afectando principalmente a la población femenina en un 13,53%. En cambio, la tasa de analfabetismo en la población masculina llega a 4,54%. El cuadro 8 muestra aspectos generales en educación del municipio de Salinas de Garci Mendoza.

Cuadro 8
Aspectos de educación

Gestión	Locales educativos	Unidades educativos	Ítems docentes	Alumnos inscritos	Alumnos por docente
2005	36	36	135	1.618	12
2006	37	37	138	1.618	12
2007	37	37	125	1.541	12
2008	36	36	124	1.449	12

Fuente: Ministerio de Autonomías, 2010.

Salud: El municipio de Salinas de Garci Mendoza tiene el centro de salud hospital ubicado en la capital de Salinas de Garci Mendoza y cuatro postas de salud dependientes ubicadas en Puqui, Luca, Ucumasi y San Martín. Los reportes de salud e informes se remiten a Challapata cada fin de mes y luego se centralizan en el Servicio Departamental de Salud (SEDES) - Oruro. La cobertura de los cinco establecimientos de salud es insuficiente debido a la magnitud de la extensión del municipio, a la cantidad de población dispersa, al mal estado de los caminos y medios de transponte, pero fundamentalmente a los escasos recursos humanos. Es así que en el caso de la posta de Luca, si bien tiene un número determinado de comunidades a cubrir (todo el ayllu Huatari), opta por atender otras comunidades más como Pasto de Lobos y Callo Alca, que no están en su jurisdicción.

Los ambientes del centro de salud "Hospital de Salinas" no muestran signos de deterioro. La infraestructura de las postas sanitarias tampoco revela marcas de desgaste, encontrándose su estado por encima de lo regular e incluso podría decirse que es aceptable, aunque, como en el caso del centro de salud "Hospital de Salinas", no goza de la seguridad física necesaria siendo vulnerable al robo. El centro de salud "Hospital de Salinas" tiene como personal profesional a un médico, un jefe de área, una licenciada en enfermería y dos enfermeros auxiliares, sumándose a esto un total de cuatro auxiliares distribuidos uno en cada posta de salud. Para la atención en las comunidades, estas cuentan con motocicletas. El cuadro 9 muestra aspectos generales en salud del municipio de Salinas de Garci Mendoza.

Cuadro 9
Aspectos de la salud

Gestión	Número de partos	Menores a 1 año que recibieron vacuna pentavalente	Mujeres con cuarto control prenatal	Mujeres que recibieron orientación en planificación familiar	Estableci-mientos de salud
2005	146	186	110	120	7
2006	155	219	106	106	7
2007	138	210	147	147	7
2008	139	185	112	112	7

Fuente: Ministerio de Autonomías, 2010.

Saneamiento básico: La capital de la Sección Municipal de Salinas de Garci Mendoza cuenta con el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (SAPAS). Las comunidades de San Martín, Florida, Alapaxa, Pacocollo, Tambo Tambillo y Viroxa cuentan con el CAPYS (Comité de Agua Potable y Saneamiento), cuya finalidad es la de dar sostenibilidad la sistema de agua potable. En la localidad de Salinas se efectúa la captación de agua de una vertiente localizada en el cerro San Pedro. En las comunidades de Ucumasi y Jirira la población consume agua de pozo; sin embargo, se presentan problemas de caudal en época de estiaje. En la comunidad de Challacota, los pozos de agua excavados tienen altos niveles de sal y, pese a ello, la población continúa consumiendo esta agua.

1.3 Situación general del municipio de Pampa Aullagas

Aspectos territoriales

Según el Instituto Nacional de Estadística (2001) el municipio de Pampa Aullagas cuenta con una población de 2.975 habitantes y una superficie de 1.052 km^2. La capital del municipio es la localidad de Pampa Aullagas, que se encuentra a 170 km de distancia de la ciudad de Oruro. El cuadro 10 muestra las características generales del municipio de Pampa Aullagas.

Cuadro 10
Características generales de Pampa Aullagas

Fecha de creación	16/02/1983
Departamento	Oruro
Provincia	Ladislao Cabrera
Sección	Segunda
Cantones	3
Localidades	58
Código INE	40802
Categoría Poblacional	A
Superficie (km^2)	1.052
Altitud (msnm)	3.700
Temperatura (°C)	9
Actividad económica	Agropecuario

Fuente: Ministerio de Autonomías, 2010.

El municipio políticamente está dividido en dos cantones y seis ayllus, que, a su vez, están conformados por 58 comunidades que se subdividen en estancias y ranchos. El cuadro 11 muestra la distribución cantonal por ayllus.

Según el Ministerio de Desarrollo Humano (1997), la densidad del municipio es de 1,75 habs./km^2.

Cuadro 11
Distribución de las comunidades por ayllus

Ayllu	Comunidades
Sacatiri	Capitán Río Verde, Uramayo, Vila Vila, Challapaqueri, Chiocollo, Panzuta, Juñuy Huma, Piñaque, Sato, Chalviri, Parapa Chucha, Chiñaque, (Cantón Icha Lula).
Geopacha	Lawatuna, Chiquiruyo, Tholamoko, Cielo Pata, Chivillani, Lupuyuvinto, Jayo jayo, Viaque, Totorani, Copaquilla, (Cantón Bengal Vinto), Loma, Kallunchullpa, Achjhuata, Uruquila.
Taca	Cara Cara, Pozo, Lamarpata, Tumahuano, Challahuano, Vila Vinto, Lakachuto.
Suctita	Asorcollo, Challa, Challaphuco, Tholacollo, Kalpata, Villa Vista, Florinda, Cacasa, Lupiquipa, Payrumani, Añhuani.
Collana	Lupiquina, Tarumayo, Anaruyo, Philpata.
Choro	Tholalupi, Quetpata, Linsupata, Pacollana, Caluyo.

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal de Pampa Aullagas.

Aspectos ambientales

Topografía: Por la topografía del sector, el municipio de Pampa Aullagas se clasifica en tres pisos: 1) Matorral Seco Sub Alpino que corresponde al 8,1% de la superficie con una extensión de 314,3 km^2; 2) Matorral Desértico Templado que corresponde a 71,6% de la superficie con 2.774,3 km^2; 3) Desierto Montano Templado que alcanza al 20,3% con una superficie de 784,5 km^2. La cota mínima del municipio está a 3.500 msnm, mientras que la cota máxima está a 4.450 msnm. La humedad relativa promedio es de 55,4%.

Clima: El clima en la zona del departamento se caracteriza por ser de zona frígida. Según la clasificación de *Thornwaith*, corresponde a la estación definida fría y deficientemente húmeda, seca en invierno y semiseca en primavera-verano. Los riesgos climáticos están constituidos fundamentalmente por heladas o escarchas. De acuerdo al SENAMHI, en el sector se registran 36 días de escarcha y 174 días de heladas.

Recursos edafológicos: Los suelos presentan alto contenido de sales; varían de textura (franco-arenosos, arenosos, arenosos arcillosos) y el contenido orgánico es en general reducido.

Recursos forestales: En cuanto a la vegetación se cuenta con grandes extensiones de tholares, que tienen la ventaja de proteger al suelo del impacto de las gotas de lluvia; pero, debido a sus propiedades de proveer energía como combustible, se exponen a altas tasas de deforestación.

Recursos hídricos: La principal fuente de agua para muchas comunidades es obtenida de pozos y vertientes (atajados).

Aspectos sociales

Migración: El principal tipo de migración que se ha encontrado es el tipo temporal, siendo esta de 6 a 7 meses en el año. En promedio la migración se produce en personas con edades comprendidas entre 21 y 25 años.

Educación: En el municipio se cuenta con un núcleo educativo ubicado en la capital del mismo y ocho unidades educativas ubicadas en las comunidades de Bengal Vinto, Chiquiruyo, Ichalula, Lupiquipa, Lamarpata, Vila Vinto, escuela María Sánchez de Fernández y colegio Pampa Aullagas. El cuadro 12 muestra aspectos generales en educación del municipio.

Cuadro 12
Aspectos de educación

Gestión	Locales educativos	Unidades educativos	Ítems docentes	Alumnos inscritos	Alumnos por docente
2005	8	8	40	577	14
2006	8	8	40	560	14
2007	8	8	37	605	16
2008	8	8	38	560	15

Fuente: Ministerio de Autonomías, 2010.

Salud: La actual estructura de salud responde a una estructura implementada por el gobierno central, que a nivel del departamento está dirigida por la Secretaría Departamental de Salud, correspondiendo el municipio de Pampa Aullagas al Distrito Nº III, con su centro u hospital básico de apoyo en Challapata. El cuadro 13 muestra aspectos generales en salud del municipio de Pampa Aullagas.

Cuadro 13
Aspectos de salud

Gestión	Número de partos	Menores a 1 año que recibieron vacuna pentavalente	Mujeres con cuarto control prenatal	Mujeres que recibieron orientación en planificación familiar	Estableci-mientos de salud
2005	26	57	30	15	3
2006	40	54	39	20	1
2007	37	59	23	32	3
2008	55	42	44	33	3

Fuente: Ministerio de Autonomías, 2010.

La principal causa de mortalidad es la neumonía, la cual se presenta principalmente en la población infantil. La desnutrición de las niñas es más preocupante, ya que en el grupo de los menores a 2 años, la desnutrición leve alcanza al 46,92% y la severa al 10,06%.

Saneamiento básico: En las poblaciones de Ichalula, Bengal Vinto y Pampa Aullagas se tiene comités de aguas. Ichalula cuenta con agua de buena calidad la que provee a la población durante todo el día a través de piletas públicas y domiciliarias.

La población de Bengal Vinto no cuenta con un sistema de agua potable domiciliario y público. Su sistema actual se encuentra en desnudo, similar al sistema en el que se encuentra la red de agua potable en el municipio de Pampa Aullagas. En Bengal Vinto la extracción de agua potable es de pozos mediante aerobombas. Mientras que en Pampa Aullagas el agua también es extraída de pozos, pero mediante motobombas.

2. Efecto ambiental de la expansión de la frontera agrícola y máxima superficie probable destinada a la producción de quinua

2.1 Tendencias de la expansión de la frontera agrícola

Mediante el estudio realizado sobre imágenes del satélite Landsat 5 TM de diferentes fechas y validado en campo mediante

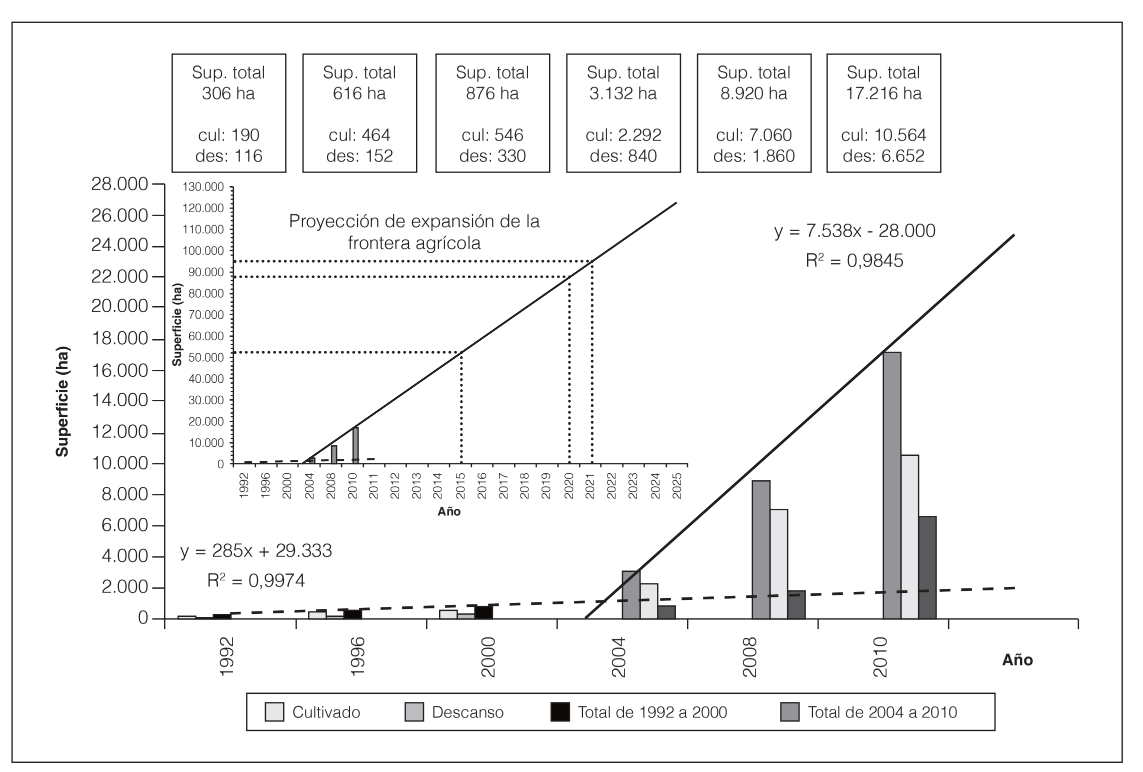
levantamientos de datos GPS, se ha encontrado que del año 1992 al 2010, las superficies de quinua se han incrementado de 306 ha a 17.216 ha, respectivamente. La mayor expansión se produjo en el periodo 2000 a 2004, en el que la superficie de quinua se incrementó de 876 ha a 3.132 ha, coincidiendo con el auge de la quinua en el mercado internacional. El gráfico 5 muestra el comportamiento de la expansión de la frontera agrícola en la provincia.

Según los resultados encontrados, se estima que, si se continúa con este ritmo de expansión de la frontera agrícola, en el año 2015 la superficie bajo actividad agrícola sería de unas 50.000 ha, de las cuales, según su comportamiento, unas 30.000 ha estarían bajo actividad agrícola y unas 20.000 ha en descanso. Sin embargo, el término de descanso en la provincia no produce ningún efecto positivo, más aun cuando estos suelos, luego de ser cultivados, están a expensas de los procesos de erosión eólica, producto de los fuertes vientos que en las zonas están en el orden de los 250 a 300 km/día (en el mes de marzo).

La serie de mapas 6 muestra en imágenes Landsat el cambio multitemporal de la cobertura vegetal por efecto de la expansión de la frontera agrícola en el sector de Lupiquipa, Aroma, Ucumasi, siendo estas las zonas más afectadas en la provincia Ladislao Cabrera.

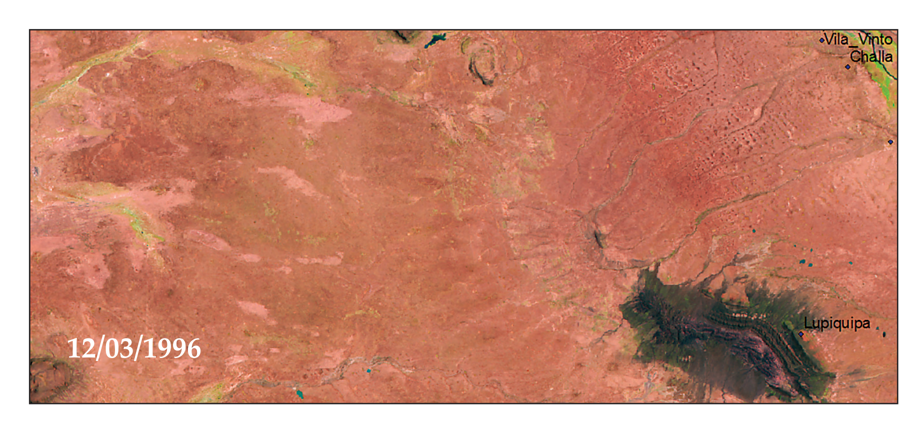
Por su parte, la serie de mapas 7 muestra la expansión de la frontera agrícola en toda la provincia Ladislao Cabrera, producida en el periodo de 1992 a 2010. En estos mapas se pueden apreciar las zonas más afectadas a lo largo de los años, siendo estas el sector sur y centro en el municipio de Pampa Aullagas (Bengal Vinto, Lupiquipa) y el sector norte y centro en el municipio de Salinas de Garci Mendoza (Ucumasi, Aroma, San Martín).

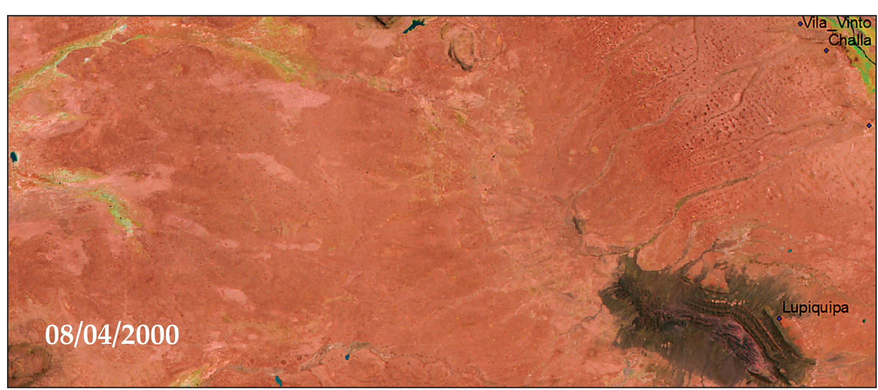
Gráfico 5
Expansión de la frontera agrícola en la provincia Ladislao Cabrera

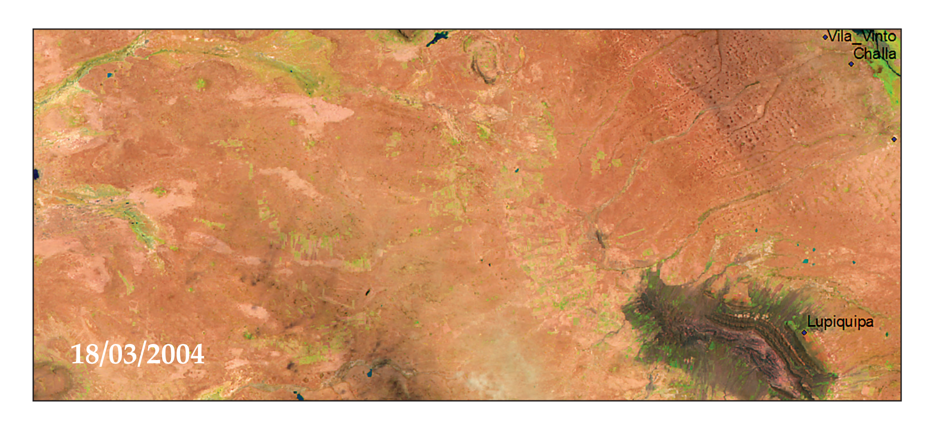


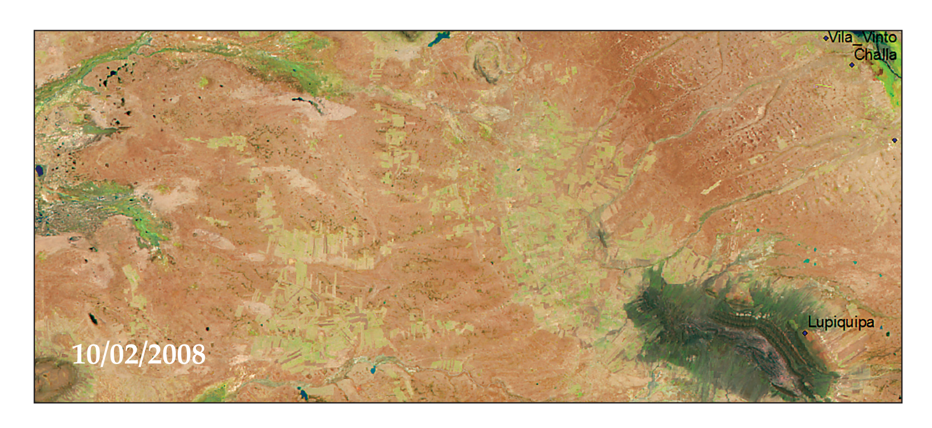
Fuente: Elaboración propia.

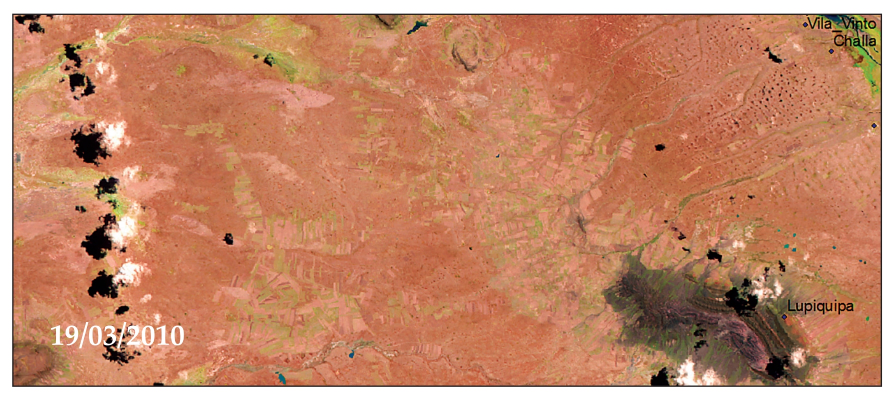
Serie de mapas 6
Cambio multitemporal de la cobertura vegetal por efecto de la expansión de la frontera agrícola en el sector de Lupiquipa (Límite Pampa Aullagas y Salinas de Garci Mendoza)





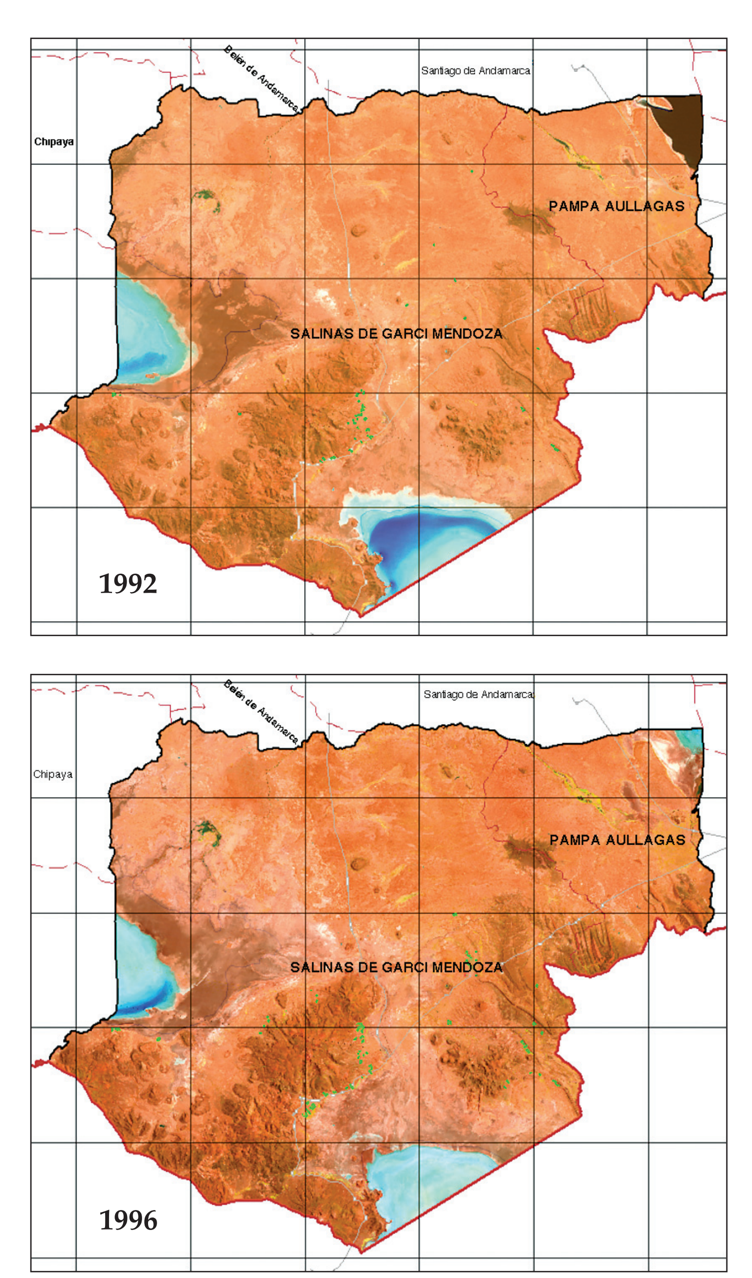


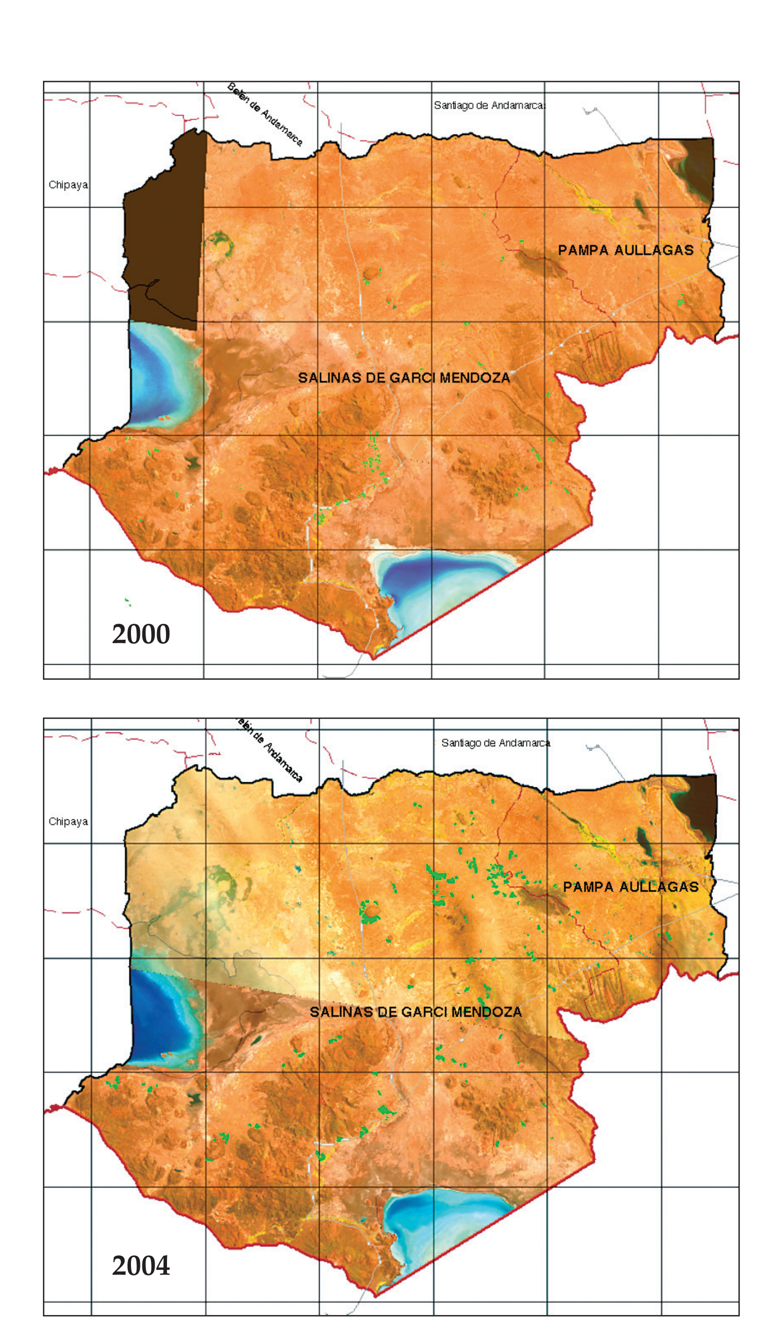


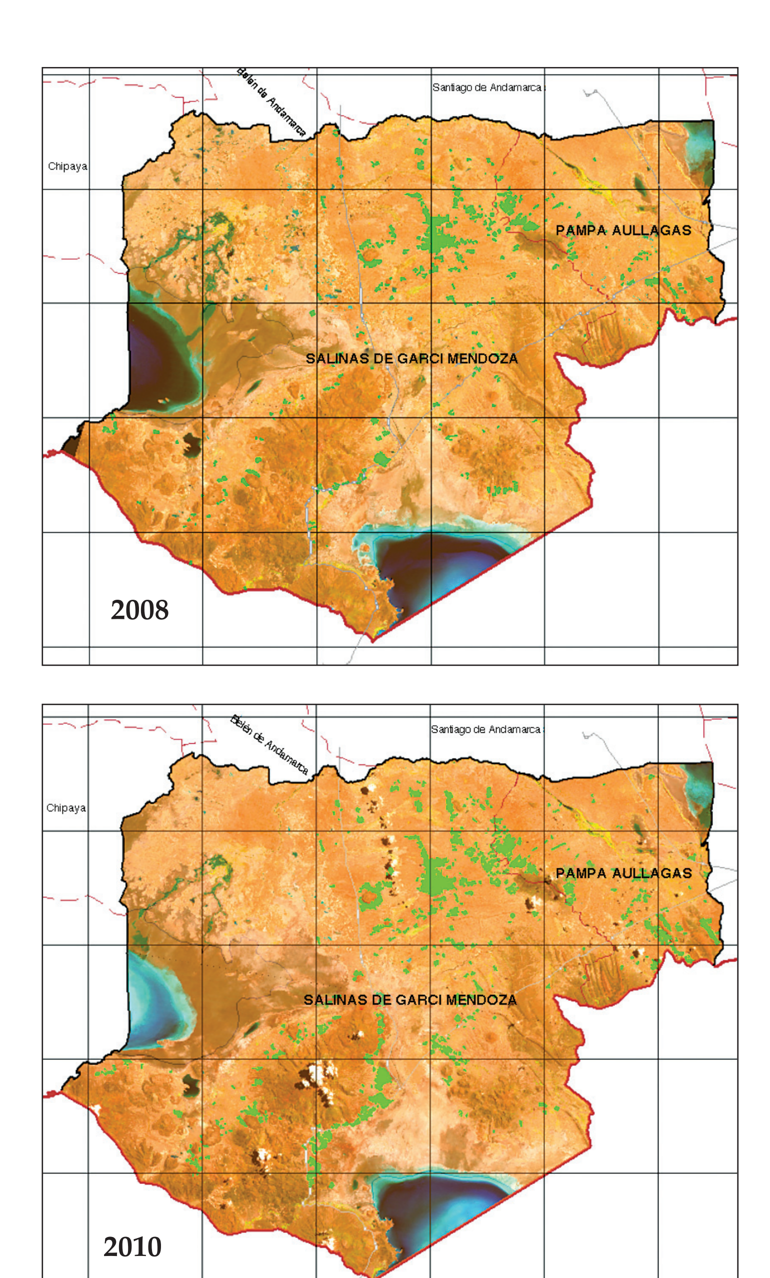


Fuente: Elaboración propia.

Serie de mapas 7
Expansión espacial y temporal de la frontera agrícola destinada a la producción de quinua en la provincia Ladislao Cabrera




Belén de Andamarca
Santiago de Andamarca
Chipaya
PAMPA AULLAGAS
SALINAS DE GARCI MENDOZA
2000
Santiago de Andamarca
Chipaya
PAMPA AULLAGAS
SALINAS DE GARCI MENDOZA
2004



Fuente: Elaboración propia.

Expansión de la frontera agrícola por pisos altitudinales

En la provincia Ladislao Cabrera se ha encontrado que:

61,90% de la superficie (4.494,29 km^2)	está por debajo de los 3.725 msnm.
14,02% de la superficie (1.017,72 km^2)	está entre los 3.725 a 3.750 msnm.
13,32% de la superficie (967,32 km^2)	está entre los 3.750 a 3.800 msnm.
6,31% de la superficie (458,48 km^2)	está entre los 3.800 a 4.000 msnm.
4,45% de la superficie (323,12 km^2)	está por encima de los 4.000 msnm.

Respecto a la expansión de la frontera agrícola por pisos altitudinales, se ha encontrado que la mayor expansión se ha producido en las zonas con elevación por debajo de los 3.725 msnm, denominada como zona de pampa o llanura aluvial. En estas zonas, las áreas productoras de quinua se han incrementado de unas 100 ha a cerca de las 10.000 ha en el periodo de 1992 a 2010.

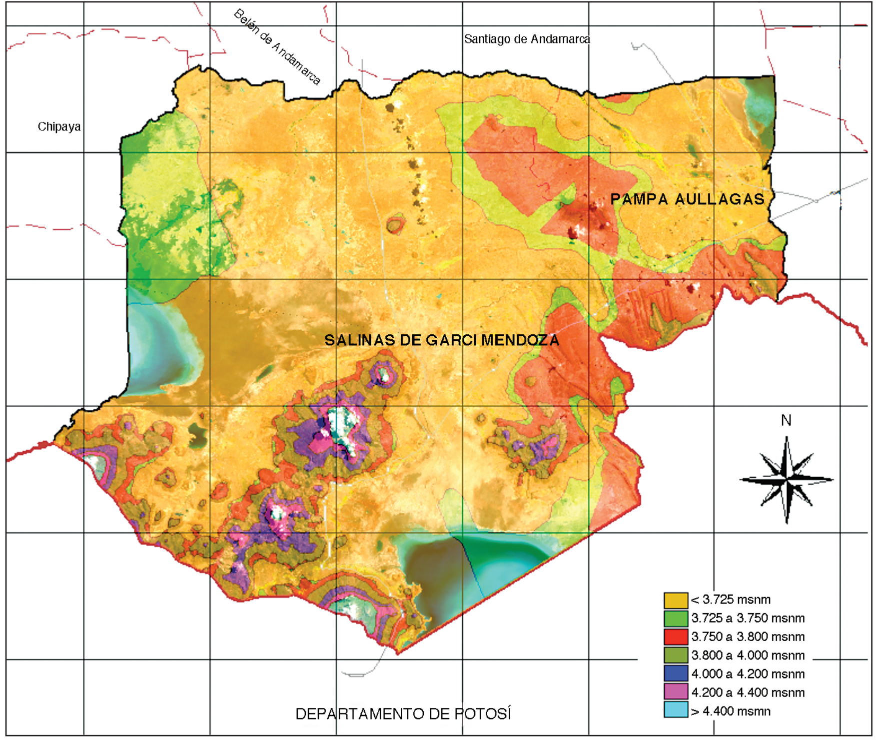
Comportamientos similares se observan en los demás pisos altitudinales. Es así que en el piso altitudinal de 3.725 a 3.750 msnm, la superficie de quinua se ha incrementado de aproximadamente 20 ha a algo más de las 2.300 ha; mientras que en el piso altitudinal de 3.750 a 3.800 msnm, las superficies se han incrementado de unas 20 ha a unas 4.200 ha.

En general, la expansión de la frontera agrícola en la provincia se ha producido principalmente en zonas por debajo de los 3.800 msnm, siendo el área más afectada la zona de pampa o llanura aluvial, corroborando lo descrito por Jaldín (2010).

En base este análisis se ha encontrado que el piso altitudinal con mayor tendencia para expansión de la frontera agrícola es la superficie situada por debajo de los 3.760 msnm. El mapa 8 muestra los pisos

altitudinales clasificados por rangos de la zona de estudio, mientras que el gráfico 6 muestra la expansión de la frontera agrícola según pisos altitudinales.

Mapa 8
Pisos altitudinales de la provincia Ladislao Cabrera



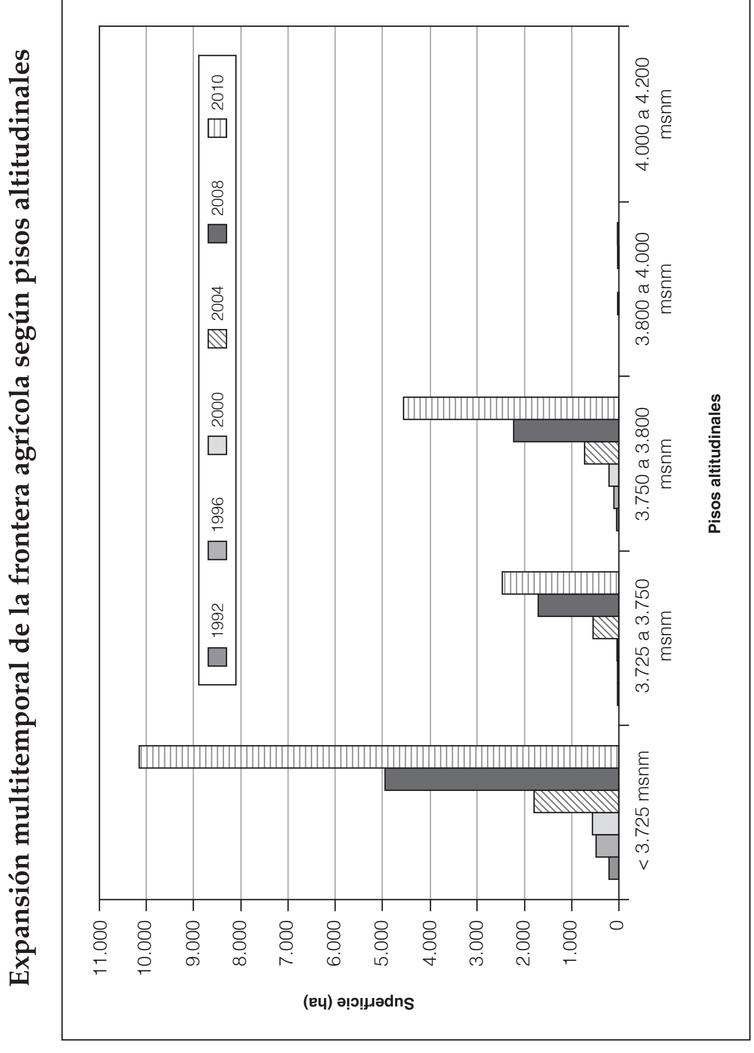
Fuente: Elaboración propia.

Expansión de la frontera agrícola por dependientes

En la provincia Ladislao Cabrera se ha encontrado que:

71,53% de la superficie (5.193,8 km^2)	tiene una pendiente inferior al 2%
10,74% de la superficie (779,52 km^2)	tiene una pendiente entre 2% y 5%

Gráfico 6
Expansión multitemporal de la frontera agrícola según pisos altitudinales



Fuente: Elaboración propia.

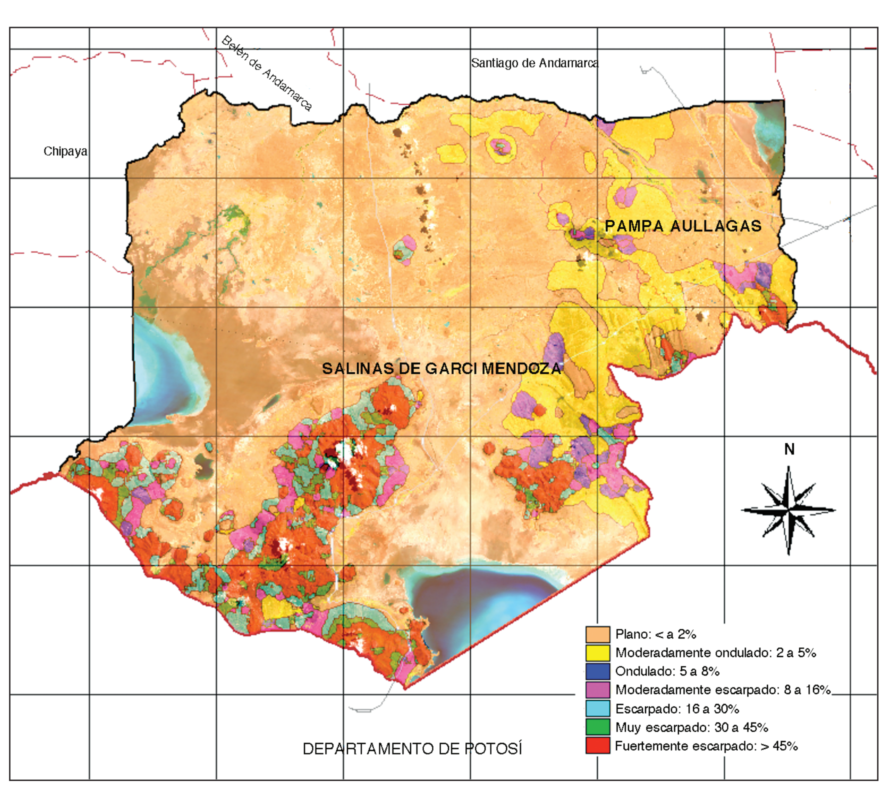
1,92% de la superficie (139,76 km^2)	tiene una pendiente entre 5% y 8%
3,01% de la superficie (2.218,68 km^2)	tiene una pendiente entre 8% y 16%

Respecto a la expansión de la frontera agrícola por pendientes, se ha encontrado que la mayor expansión se ha producido en zonas con pendiente menor al 2%. Se ha encontrado que en estas zonas las superficies de quinua se incrementaron de 100 ha a algo más de las 3.100 ha durante el periodo 1992 a 2010.

En las demás zonas también se ha producido apertura de nuevas áreas agrícolas; es así que en las zonas con pendiente de 2% a 5%, la expansión fue de 50 ha (1992) a 2.200 ha (2010) aproximadamente; mientras que en la zona con pendiente de 5% a 8%, la expansión fue de unas 20 ha a algo más de las 100 ha, en tanto que en la zona con pendiente de 8% a 16%, la expansión fue de unas 30 ha a 1.000 ha y finalmente en la zona con pendiente de 13% a 30%, la expansión fue de casi nada a unas 150 ha.

En general, la expansión de la frontera agrícola en la provincia se ha producido principalmente en zonas cuya pendiente no excede los 2%. En base a este análisis, se ha encontrado que las zonas más apropiadas para la apertura de nuevas áreas agrícolas son aquellas cuya pendiente no excede el 8%. El mapa 9 muestra los pisos altitudinales clasificados por rangos de pendiente; mientras que el gráfico 7 muestra la expansión de la frontera agrícola por grados de pendiente.

Mapa 9
Grados de pendiente de la provincia Ladislao Cabrera



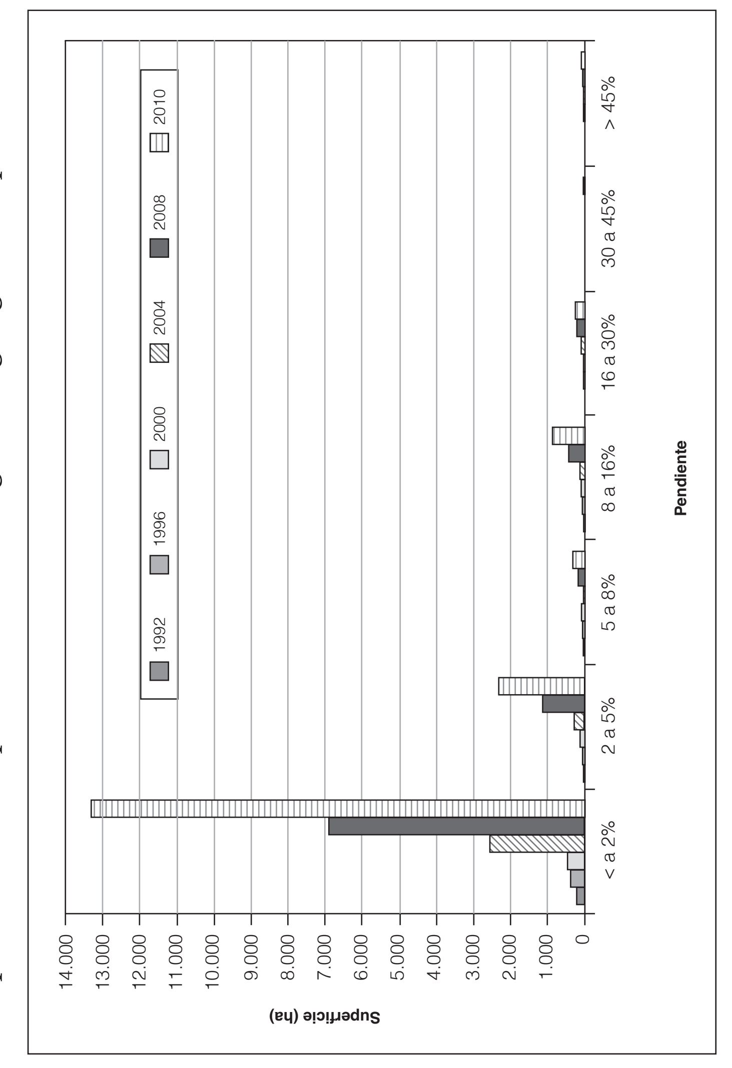
Fuente: Elaboración propia.

Cambios en la cobertura vegetal por efecto de la expansión de la frontera agrícola

Esta evaluación se realizó sobre el mapa de cobertura vegetal de 1992, generado a partir del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). A través de este análisis se ha encontrado que en la provincia Ladislao Cabrera:

– 61,96% de la provincia está cubierta por una vegetación del tipo arbustal ralo de porte bajo (tholas, anawayas, lampayas y algo de pajonal).

Gráfico 7
Expansión multitemporal de la frontera agrícola según grados de pendiente

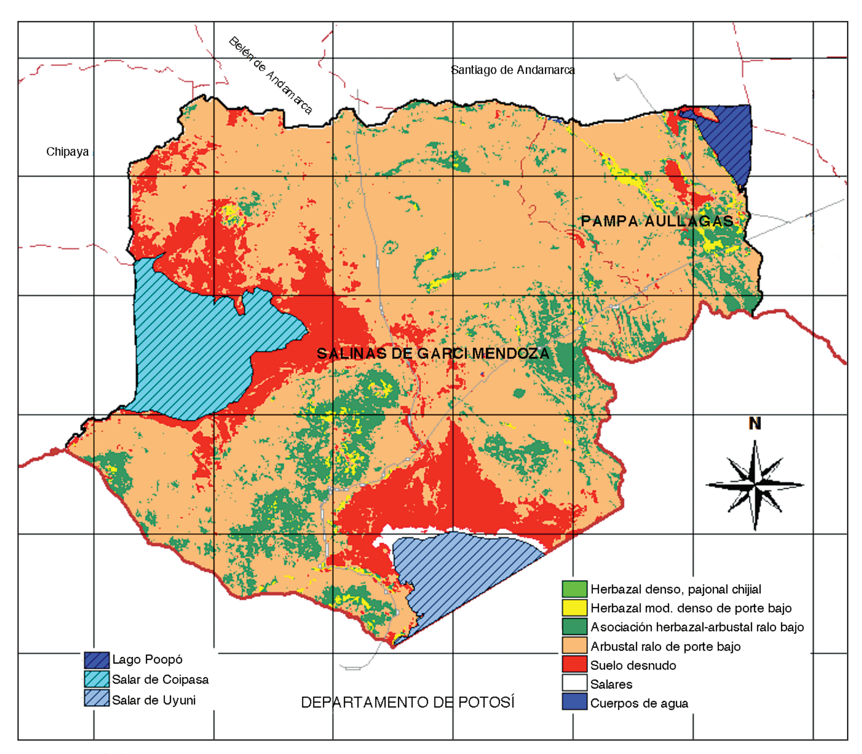


Fuente: Elaboración propia.

- 12,01% es suelo con vegetación del tipo asociación herbazal-arbustal ralo bajo.
- 1,18% corresponde a suelos con vegetación herbazal moderadamente densa y baja.
- 0,02% de la superficie tiene vegetación del tipo herbazal denso.
- 24,83% de la superficie es suelo desnudo, salares y cuerpos de agua.

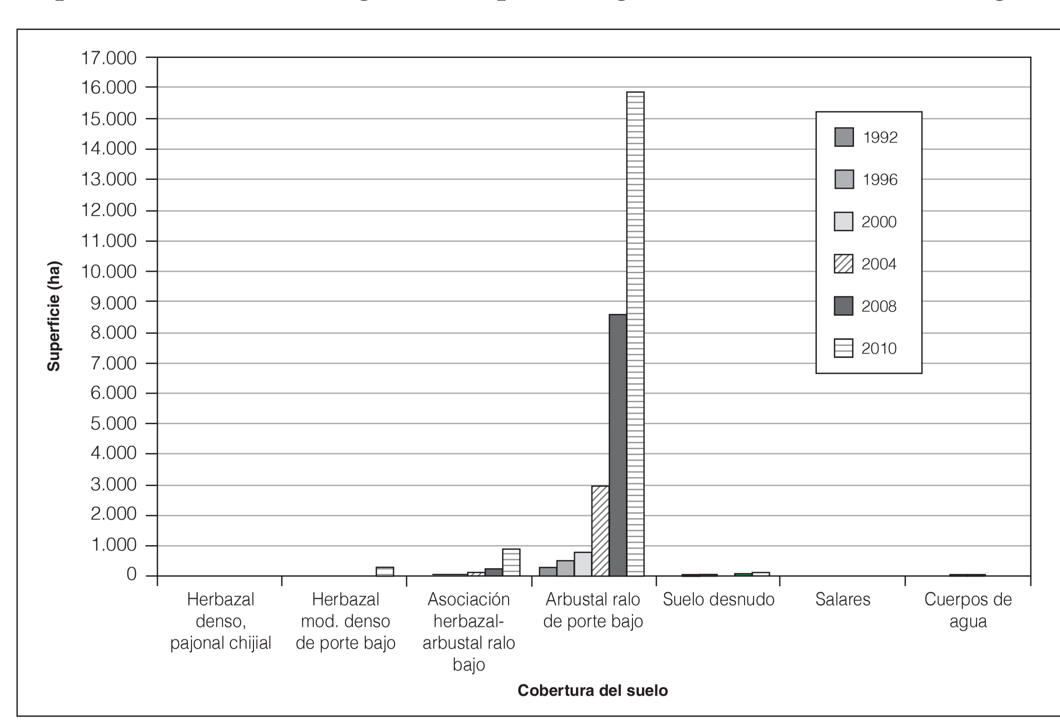
El mapa 10 muestra la distribución espacial de los diferentes tipos de cobertura vegetal identificados en la provincia Ladislao Cabrera determinados a partir de la imagen satelital Landsat 5TM de fecha 18/04/1992, el cual además fue validado en campo mediante el levantamiento de datos GPS.

Mapa 10
Cobertura vegetal (18/04/1992) de la provincia Ladislao Cabrera



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8
Expansión de la frontera agrícola de quinua según unidades de cobertura vegetal



Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis de cambio en la cobertura vegetal por efecto de la expansión de la frontera agrícola, se ha encontrado que la unidad más afectada ha sido la arbustal ralo de porte bajo (tholares, añawayas, lampayas y algo de pajonal), en la cual se ha encontrado que del año 1992 al año 2010 de cerca 100 ha de quinua que se tenía, ahora se cuenta con algo más de las 16.000 ha. Otra unidad también afectada fue la de los suelos con cobertura vegetal del tipo asociación herbazal arbustal ralo bajo, en donde, del año 1992 al año 2010, la frontera agrícola se ha incrementado de 10 has a 924 has. El gráfico 8 muestra la expansión de la frontera agrícola en las diferentes unidades de cobertura vegetal ocurrida entre los años de 1992 a 2010.

2.2 Máxima superficie probable de nuevas zonas productoras de quinua en la provincia Ladislao Cabrera

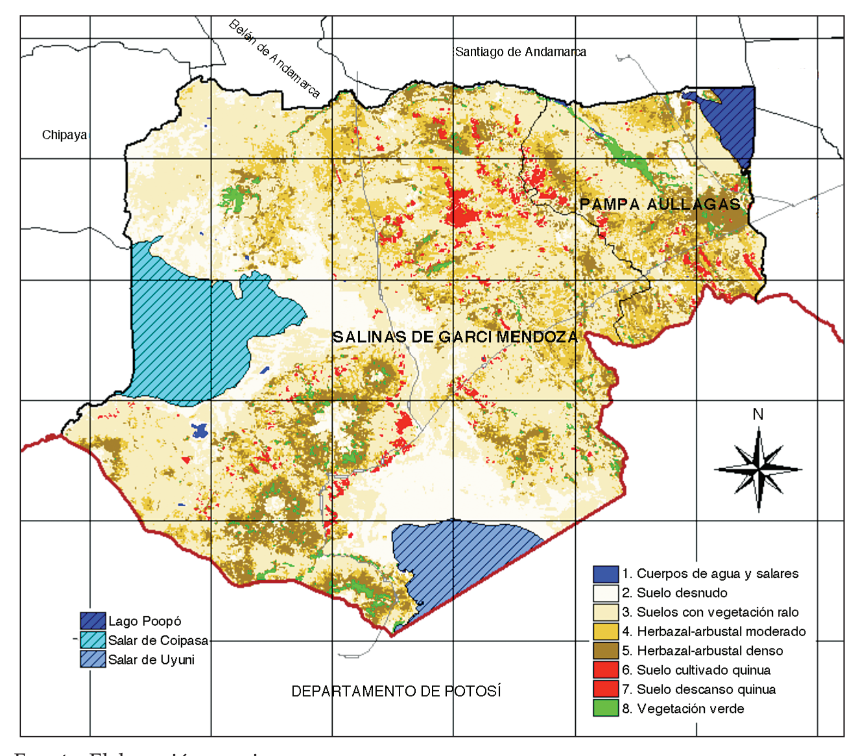
Para evaluar la máxima superficie probable de nuevas zonas productoras de quinua, un nuevo mapa de Cobertura Vegetal fue generado en base a la imagen satélite Landsat 5 TM tomada en fecha 19 de marzo de 2010. A este mapa se integraron las áreas de cultivos de quinua identificadas hasta el año 2010. Se ha encontrado que:

- 3,47% (271.72 km^2) de la superficie está ocupado por cuerpos de agua y salares.
- 18,32% (1.330,36 km^2) corresponde a suelos desnudos.
- 48,42% (3.515,64 km^2) está clasificado como suelos con vegetación ralo (tholas, añawayas, lampayas y algo de pajonal).
- 13,55% (987,72 km^2) es suelo con vegetación herbazal-arbustal moderado.
- 12,24% (888,62 km^2) se clasifica como suelos con cobertura vegetal del tipo herbazal-arbustal denso.
- 2,37% (172,16 km^2) son áreas destinadas a la producción de quinua.
- 1,36% (95,56 km^2) es vegetación verde (bofedales, chilliwares).

El tipo de cobertura vegetal, la pendiente del relieve topográfico y las zonas por pisos altitudinales fueron las variables identificadas

para definir la tendencia actual de expansión de la frontera agrícola en la provincia Ladislao Cabrera. En base a estos criterios, se ha encontrado que la superficie con prioridad uno para la expansión de la frontera agrícola asciende a 469,72 km^2 (4.6972 ha). Las zonas con prioridad dos asciende a 312,88 km^2 (31.288 ha). Cabe recalcar que actualmente en la provincia se cuenta con 172,16 km^2 (17.216 ha) de áreas destinadas al cultivo de quinua. En general, una superficie total de 782,6 km^2 (78.200 ha) presenta condiciones fisiográficas y de cobertura vegetal aceptables para producir quinua en la provincia Ladislao Cabrera. El mapa 11 muestra la distribución espacial de los tipos de cobertura vegetal, resaltando las áreas con cultivos de quinua identificadas hasta el año 2010, mientras que el mapa 12 muestra las nuevas zonas con condiciones aceptables para producción de quinua en la provincia Ladislao Cabrera.

Mapa 11
Cobertura vegetal en la provincia Ladislao Cabrera (2010)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 12
Nuevas áreas probables de expansión de la frontera agrícola según prioridad



Fuente: Elaboración propia.

3. Estado de la fertilidad de los suelos de la provincia

3.1 Interpretación de reportes de laboratorio

a. Textura

La textura del suelo está relacionada con el tamaño de las partículas y su clasificación se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla. La textura influye en el abastecimiento de agua, nutrientes y aire; de ahí su importancia en los suelos. El cuadro 14 muestra las clases texturales encontradas en 46 muestras de suelo levantadas en la provincia Ladislao Cabrera.

Cuadro 14
Clasificación textural de muestras de suelo - provincia Ladislao Cabrera

Escala de clasificación	Nº de muestras	%
Arenoso franco	**18**	**39,13**
Arenoso	7	15,22
Arcilloso	2	4,35
Franco arcillo arenoso	5	10,87
Franco arenoso	**14**	**30,43**
Total muestras	**46**	**100**

Fuente: Clasificación Soil Survey Manual, 2008.

Se ha encontrado que la textura predominante en los suelos de la provincia Ladislao Cabrera es de suelos **arenosos francos** (39,13% de las muestras) y **franco arenosos** (30,43%). Los suelos **arenoso francos** son los que presentan proporciones de arcilla entre 3,1% a 10,9%; limo de 7,6% a 28,1% y arenas de 67,5% a 88,6%. Normalmente se caracterizan por tener contenidos moderados de materia orgánica, moderada capacidad de retención de humedad y baja capacidad de intercambio catiónico. Por su parte, los suelos **franco arenosos** presentan contenidos de arcilla entre 1,4% a 5,1%; limo de 1,7% a 11,5% y arena de 85,7% a 96,6% y se caracterizan por presentar baja capacidad de retención de humedad.

b. Reacción del suelo

La reacción del suelo es una de las propiedades más importantes del suelo que tiene influencia tanto en las propiedades físicas, químicas y biológicas. En la provincia Ladislao Cabrera, del total de 46 muestras se ha encontrado que 17 presentaron un pH moderadamente alcalino, 9 un pH neutro, 11 un pH de suavemente alcalino y otras 6 un pH fuertemente alcalino, siendo solo 3 las que presentaron un pH suavemente ácido.

En general, 34 de las 46 muestras de suelo presentaron un pH dentro del rango alcalino. Condiciones características de la zona de estudio, como el clima sub-árido —caracterizado por lluvias escasas y distribuidas en pocos meses—, vientos intensos con direcciones

predominantes de noroeste a sureste y de sur a norte asociados a las fuertes radiaciones solares y altas temperaturas durante el verano, son considerados como los principales factores para que las sales situadas en las capas freáticas asciendan a las capas superficiales, principalmente en los meses de alta evapotranspiración, ocasionando que los suelos superficiales tengan un pH alcalino (mayor a 7). El cuadro 15 refleja la frecuencia de muestras según rangos de pH de un total de 46 muestras de suelo levantados en la provincia Ladislao Cabrera.

Cuadro 15
Frecuencia de muestras según rangos de pH - provincia Ladislao Cabrera

Grado	pH	Nº de muestras	%
Muy fuertemente ácido	< 4,5	0	0
Fuertemente ácido	4,5 a 5,2	0	0
Moderadamente ácido	5,3 a 5,9	0	0
Suavemente ácido	6,0 a 6,5	3	6,52
Neutro	6,6 a 7,0	9	19,57
Suavemente alcalino	7,1 a 7,5	11	23,91
Moderadamente alcalino	7,6 a 8,0	17	36,96
Fuertemente alcalino	> 8,1	6	13,04
Total muestras		**46**	**100**

Fuente: Clasificación Soil Survey Manual, 2008.

c. Conductividad eléctrica (C.E.)

Según los reportes de laboratorio, de un total de 46 muestras de suelo, se ha encontrado que 34 reportaron ser muestras **no salinas**, en tanto que seis reportaron presentar ligera salinidad; dos se clasificaron como suelos moderadamente salinos, uno como suelo muy fuertemente salino y tres como muy fuertemente salino. El cuadro 16 refleja la frecuencia de muestras según clases de salinidad de un total de 46 muestras de suelo levantados en la provincia Ladislao Cabrera.

Cuadro 16
Frecuencia de muestras según clases de salinidad - provincia Ladislao Cabrera

Clase	C. E (uS/cm)	Nº de muestras	%
No salino	< 200	34	73,91
Ligeramente salino	200 - 400	6	13,04
Moderadamente salino	400 - 800	2	4,35
Fuertemente salino	800 - 1.600	1	2,17
Muy fuertemente salino	> 1.600	3	6,52
Total muestras		**46**	**100**

Fuente: Clasificación Soil Survey Manual, 2008.

d. Materia orgánica (M.O.)

De un total de 46 muestras de suelo, 43 reportaron bajos contenidos de M.O. y tres se clasificaron como suelos con contenido moderado de M.O. No se reportaron muestras de suelos con baja, alta y muy alta concentraciones de M.O.

Las adversas condiciones climáticas caracterizadas por las bajas precipitaciones y las bajas temperaturas medias en la zona, hacen que exista baja producción de biomasa y que además los procesos de descomposición de la Materia Orgánica sean lentos. Estas condiciones, asociadas a las prácticas de monocultivo de quinua, escasa reposición de nutrientes e inadecuados sistemas de manejo y conservación de suelos, hacen que en la zona se tengan muy bajos niveles de M.O. El cuadro 17 refleja la frecuencia de muestras según grados de M.O. de un total de 46 muestras levantados en la provincia Ladislao Cabrera.

e. Nitrógeno total

El contenido y las formas de nitrógeno en el suelo no presentan una naturaleza estática, sino más bien dinámica. La cantidad del mismo está controlada por las condiciones climáticas y la vegetación, aunque la textura también juega un rol importante. Se ha encontrado que en suelos arcillosos la cantidad de nitrógeno es mayor que en suelos limosos y arenosos. El pH también ejerce una influencia importante sobre la actividad microbiana del suelo, ya que los

microbios son los responsables de los procesos de mineralización y descomposición de la materia orgánica y, por tanto, del nitrógeno total en el suelo. Las prácticas agrícolas también influyen en las cantidades de nitrógeno en el suelo.

Cuadro 17
Frecuencia de muestras según grados de M.O. - provincia Ladislao Cabrera

Grado	M.O. (%)	Nº de muestras	%
Muy baja	< 2,8	43	93,48
Baja	2,9 - 4,0	0	0
Moderada	4,1 - 7,5	3	6,52
Alta	7,6 - 10,0	0	0
Muy alta	> 10,1	0	0
Total muestras		**46**	**100**

Fuente: Clasificación Soil Survey Manual, 2008.

De un total de 46 muestras de suelo levantadas en la provincia Ladislao Cabrera, 45 reportaron presentar muy bajas concentraciones de nitrógeno total y solo una se reportó como moderada. Ninguna de las muestras de suelo presentó bajas, altas ni muy altas concentraciones de nitrógeno total. El cuadro 18 refleja la frecuencia de muestras según rangos de Nt (%), de un total de 46 muestras de suelo levantadas en la provincia Ladislao Cabrera.

Cuadro 18
Grado y frecuencia de muestras según rangos de N.t. - provincia Ladislao Cabrera

Grado	Nt (%)	Nº de muestras	%
Muy baja	< 0,20	45	97,83
Baja	0,21 - 0,30	0	0
Moderada	0,31 - 0,40	1	2,17
Alta	0,41 - 0,50	0	0
Muy alta	> 0,51	0	0
Total muestras		**46**	**100**

Fuente: Clasificación Soil Survey Manual, 2008.

Según Fassbender (1986), el nitrógeno total está compuesto por nitrógeno orgánico (85% a 95%) y nitrógeno inorgánico (5% a 15%). Indica, además, que el porcentaje de nitrógeno inorgánico es más alto en regiones áridas y semiáridas y que el nitrógeno intercambiable ($N-NH_4^+$) no supera el 2% del nitrógeno total y que el nitrógeno mineralizado ($N-NH_3$, $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$) tampoco supera el 2% del nitrógeno total.

f. Fósforo disponible

A diferencia del nitrógeno, el fósforo es más estable en los suelos, lo que no ocurre con los compuestos nitrogenados que pueden ser volatilizados y lixiviados más fácilmente. Esta alta estabilidad resulta de su baja solubilidad que a veces causa deficiencias de disponibilidad de fósforo para las plantas. El fósforo se presenta en el suelo exclusivamente como ortofosfato y en su mayoría son derivados del ácido fosfórico. En base a la hipótesis de que el fósforo también es derivado de la Materia Orgánica, se debería esperar que en los suelos del área del proyecto las concentraciones del fósforo también sean bajas. Sin embargo, debido a que estos suelos son de origen volcánico, las concentraciones de fósforo están en el orden de moderadas a altas.

El fósforo es un componente esencial de los vegetales, entre ellos la quinua, cuya riqueza media en P_2O_5 (fosfato) es del orden del 0,5 al 1% de la materia seca (Gros *et al.*, 1992a). Tiene especial importancia como constituyente de las membranas celulares y los ácidos nucleicos. Es un factor de precocidad que activa el desarrollo inicial de la planta y acorta el ciclo vegetativo, favoreciendo los periodos de vegetación críticos para el cultivo, como son la fecundación y la maduración. En este aspecto juega un papel compensador con el nitrógeno. También aumenta la resistencia de las plantas al frío y a las enfermedades.

En el área del proyecto, de 46 muestras de suelo levantadas en la provincia Ladislao Cabrera, 20 reportaron moderadas concentraciones de fósforo disponible, 15 se clasificaron como con baja concentración de fósforo, siete se clasificaron con alta concentración, tres con muy baja concentración y solo una presentó muy altas concentraciones de fósforo. Fassbender (1986) menciona que los suelos

jóvenes y de origen volcánico tienen altos contenidos de fosfatos inorgánicos principalmente de fosfatos de calcio, asimismo indica que en suelos neutros y alcalinos predominan los fosfatos de calcio similares a los que se encuentra en suelos arenosos. El cuadro 19 muestra la frecuencia de muestras de suelos según rangos de concentración de fósforo disponible en un total de 46 muestras de suelos levantadas en la provincia Ladislao Cabrera.

Cuadro 19
Grado y frecuencia de muestras según rangos de P disponible - provincia Ladislao Cabrera

Grado	P. disponible	Nº de muestras	%
Muy baja	< 3,0	3	6,52
Baja	3,1 - 7,0	15	32,61
Moderada	7,1 - 15,0	20	43,48
Alta	15,1 - 25,0	7	15,22
Muy alta	> 25,0	1	2,17
Total muestras		**46**	**100**

Fuente: Clasificación Soil Survey Manual, 2008.

g. Potasio intercambiable

Parra (1960) afirma que los suelos derivados de arenas y cenizas volcánicas presentan niveles altos de potasio intercambiable. En la zona de estudio se ha encontrado que, de un total de 46 muestras, 24 reportaron moderadas concentraciones de potasio, 14 presentaron altas concentraciones de potasio, cuatro presentaron muy alta concentración, tres baja concentración y solo una presentó muy baja concentración. El cuadro 20 refleja la frecuencia de muestras a diferentes rangos de concentraciones de potasio de un total de 46 muestras de suelo.

h. Capacidad de intercambio catiónico

El intercambio catiónico es una de las propiedades más importantes del suelo, pues los cationes cambiables influyen en muchas de las propiedades del suelo. Son ocho los cationes intercambiables más importantes: Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Al^{3+}, Fe^{3+}, Mn^{2+} e H^{+}. Ellos componen el conjunto de cationes del complejo coloidal. La CIC está

estrechamente relacionada con el contenido de materia orgánica y arcilla del suelo. Cepeda (1991) menciona que el 99% de los cationes se hallan absorbidos en las superficies de los coloides y menos del 1% se hallan en solución. Esto explica que los nutrientes liberados en los suelos del intersalar no son retenidos o absorbidos por las plantas y coloides debido a su bajo contenido de M.O. y arcilla.

Cuadro 20
Frecuencia de muestras según rangos de K intercambiable - provincia Ladislao Cabrera

Grado	K (meq/100g)	Nº de muestras	%
Muy baja	< 0,10	1	2,17
Baja	0,11 - 0,30	3	6,52
Moderada	0,31 - 0,70	24	52,17
Alta	0,71 - 1,20	14	30,43
Muy alta	> 1,21	4	8,70
Total muestras		**46**	**100**

Fuente: Clasificación Soil Survey Manual, 2008.

En el área del proyecto se ha encontrado que de un total de 46 muestras de suelo, 31 reportaron muy bajas concentraciones de CIC, 14 presentaron bajas concentraciones y solo una reportó alta concentración. El cuadro 21 refleja la frecuencia de muestras a diferentes rangos de CIC de 46 muestras de suelo levantadas en la provincia Ladislao Cabrera.

Cuadro 21
Frecuencia de muestras según rangos de CIC - provincia Ladislao Cabrera

Grado	CIC (meq/100g)	Nº de muestras	%
Muy baja	< 6,0	31	67,39
Baja	6,1 - 12,0	14	30,43
Moderada	12,1 - 25,0	0	0
Alta	25,1 - 40,0	1	2,17
Muy alta	> 40,1	0	0
Total muestras		**46**	**100**

Fuente: Clasificación Soil Survey Manual, 2008.

3.2 Valoración de la fertilidad de los suelos

Al establecer el grado de fertilidad de suelos, es importante aclarar que los datos reportados por el laboratorio no son lo que realmente la planta puede utilizar, sino que son cantidades que se relacionan de una manera definida con el aporte disponible en el suelo y al cual la planta puede tener acceso.

En base a la valoración de fertilidad de suelos considerando los parámetros de pH, CIC, Materia Orgánica, nitrógeno total y fósforo disponible, se ha encontrado que del total de 46 muestras de suelo tomadas, 28 se clasifican como suelos con muy baja fertilidad, 17 se clasifican como suelos con fertilidad baja y solo una se clasifica como suelo con fertilidad moderada. El cuadro 22 refleja la frecuencia de muestras según grados de fertilidad de suelos de la provincia Ladislao Cabrera.

Cuadro 22
Frecuencia de muestras según grados de fertilidad - provincia Ladislao Cabrera

Escala de Clasificación	Nº de muestras	%
Muy baja	28	60,9
Baja	17	37,0
Moderada	1	2,2
Moderada a alta	0	0
Alta	0	0
Total muestras	**46**	**100**

Fuente: Clasificación Depto. Agrológico del IGAC de Colombia, 1996.

4. Condiciones climáticas incidentes en la producción de quinua en la provincia Ladislao Cabrera

4.1 Evapotranspiración potencial puntual

En base a la información climática procesada y sistematizada, se ha calculado la ETo para las estaciones de Salinas de Garci Mendoza y San Martín, ambas situadas en la provincia Ladislao Cabrera. La Estación de Salinas de Garci Mendoza se ubica en la

misma población, lugar que se caracteriza por ser una zona de serranías y valles, condiciones muy influyentes en la velocidad del viento y en la precipitación. Sobre el viento favorece la disminución de sus velocidades y sobre la precipitación favorece la formación de nubes. Por su parte, la estación de San Martín se ubica en una zona de planicie, donde las velocidades del viento son más fuertes, al igual que la radiación solar, aspectos que limitan la formación de nubes y, por tanto, generan bajas tasas de precipitación. El cuadro 23 muestra los promedios de la información climática sistematizada para el cálculo de la ETo para diferentes periodos de análisis en San Martín.

En consecuencia, se puede observar que del periodo 1990-1998 al periodo 1990-2002, la evapotranspiración potencial subió de 1.731,7 mm/año a 1.739,6 mm/año, similar a la precipitación que en el mismo periodo subió de 260,2 mm a 273,4 mm. También se observa que del periodo 1990-2002 al periodo 1990-2006, la ETo descendió de 1.739,6 mm a 1.661,9 mm; en cambio, la precipitación subió de 273,4 mm a 284 mm. Del periodo 1990-2006 al periodo 1990-2008, tanto la ETo como la precipitación subieron de 1.661,9 mm a 1.667,66 mm y de 284 mm a 291,7 mm, respectivamente. De este comportamiento se puede concluir que, cuando la precipitación es baja, la ETo tiende a ser alta. Esto se debe presumiblemente a la baja humedad disponible en el medio ambiente, lo cual ocasiona que se produzca una mayor evaporación de la superficie, situación que además está directamente relacionada con la temperatura del medio ambiente.

El gráfico 9 muestra la variación multitemporal de la ETo, la precipitación (P), la velocidad del viento y la temperatura media (T.med) en el sector de San Martín. Se observa que la ETo presenta un comportamiento oscilatorio con tendencia de bajada, en tanto que la precipitación muestra una tendencia de subida. Por su parte, la velocidad del viento también presenta una tendencia de bajada, en tanto que la temperatura muestra una tendencia de subida.

Un aspecto muy interesante que se ha encontrado es el movimiento que se viene presentando en la distribución de la precipitación durante el año (ciclo agrícola). Claramente se observa que entre el periodo 1990-1998 y el periodo 1990-2008, la curva de distribución de la precipitación anual se ha ido concentrando en el segundo periodo

Cuadro 23
Parámetros climáticos para el cálculo de la ETo

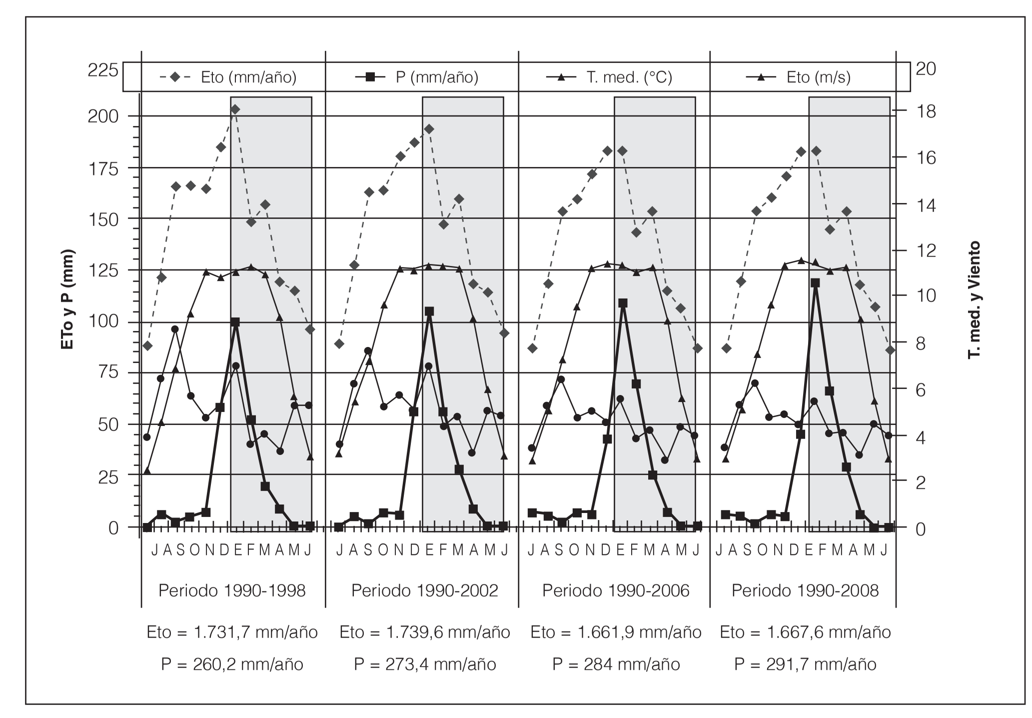
Estación: San Martín — Provincia: Ladislao Cabrera

Latitud Sud: 19º16′34′′ — Longitud oeste: 67º36′04′′

Periodo	Variable climática	Meses												Total
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
1990 – 1998	T (ºC)	2,4	4,5	6,8	9,3	11,0	10,8	11,0	11,3	11,0	9,1	5,6	3,0	
	HR (%)	44,0	50,5	39,0	51,0	58,0	50,0	48,7	44,0	39,0	38,3	41,5	41,3	
	ETo (mm/d)	2,8	3,9	5,5	5,4	5,5	6,0	6,6	5,3	5,1	4,0	3,7	3,2	
	ETo (mm/m)	**88,2**	**121,1**	**165,9**	**166,3**	**165,3**	**185,1**	**203,9**	**148,4**	**157,3**	**119,5**	**114,8**	**95,9**	**1.731,7**
	P (mm)	**0,0**	**5,9**	**2,2**	**5,1**	**7,0**	**58,4**	**99,4**	**52,1**	**20,1**	**8,6**	**0,7**	**0,7**	**260,2**
1990 – 2002	T (ºC)	3,1	5,4	7,2	9,7	11,2	11,1	11,3	11,3	11,2	9,0	5,9	3,1	
	HR (%)	40,2	44,4	35,2	49,5	51,0	46,7	59,6	60,0	50,3	38,3	41,2	39,0	
	ETo (mm/d)	2,9	4,1	5,4	5,3	6,0	6,0	6,3	5,3	5,2	3,9	3,7	3,1	
	ETo (mm/m)	**89,3**	**127,2**	**163,2**	**164,3**	**180,6**	**187,0**	**194,4**	**147,4**	**159,7**	**118,4**	**113,9**	**94,2**	**1.739,6**
	P (mm)	**0,0**	**4,8**	**2,0**	**6,5**	**5,7**	**55,6**	**105,2**	**55,9**	**27,6**	**9,0**	**0,5**	**0,5**	**273,4**
1990 – 2006	T (ºC)	2,8	5,1	7,2	9,6	11,2	11,4	11,3	11,1	11,3	8,9	5,5	2,9	
	HR (%)	40,2	44,4	35,2	49,5	54,2	46,7	59,6	60,0	50,3	38,3	41,2	39,0	
	ETo (mm/d)	2,8	3,8	5,1	5,2	5,7	5,9	5,9	5,1	4,9	3,8	3,4	2,9	
	ETo (mm/m)	**86,8**	**119,0**	**153,6**	**160,0**	**171,7**	**182,9**	**183,1**	**142,7**	**153,4**	**115,0**	**106,5**	**87,0**	**1.661,9**
	P (mm)	**7,2**	**5,6**	**2,3**	**7,2**	**5,8**	**43,0**	**109,4**	**70,2**	**25,5**	**6,9**	**0,4**	**0,4**	**284,0**
1990 – 2008	T (ºC)	2,9	5,1	7,5	9,7	11,4	11,6	11,5	11,1	11,3	9,1	5,5	2,9	
	HR (%)	40,2	44,4	35,2	49,5	54,2	46,7	59,6	60,0	50,3	38,3	41,2	39,0	
	ETo (mm/d)	2,8	3,9	5,1	5,2	5,7	5,9	5,9	5,2	4,9	3,9	3,5	2,9	
	ETo (mm/m)	**87,0**	**119,4**	**153,6**	**160,5**	**170,9**	**183,1**	**182,9**	**144,7**	**153,3**	**117,7**	**107,6**	**86,8**	**1.667,6**
	P (mm)	**6,3**	**4,9**	**2,0**	**6,4**	**5,3**	**45,5**	**119,2**	**66,4**	**28,6**	**6,3**	**0,4**	**0,4**	**291,7**

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 9
Comportamiento multitemporal de la ETo de la precipitación en la estación de San Martín



Fuente: Elaboración propia.

del año (enero a julio). Esto corrobora las teorías que sustentan que las **consecuencias del cambio climático no son exclusivamente bajadas o subidas de los volúmenes de precipitación, sino más bien cambios en su distribución y reducción de los periodos de precipitación.**

El cuadro 24 muestra los promedios de la información climática sistematizada para el cálculo de la ETo en la estación de Salinas de Garci Mendoza.

Se puede apreciar que la evapotranspiración potencial (ETo) anual del periodo 1990-1998 al periodo 1990-2002 descendió de 1.445,4 mm a 1.411,8 mm; en cambio, la precipitación subió de 290,9 mm a 392,4 mm. A partir del periodo 1990-2002 al periodo 1990-2008, tanto la evapotranspiración potencial como la precipitación subieron de 1.411,8 mm a 1.437,8 mm y de 392,4 mm a 367,3 mm, respectivamente. Un aspecto a resaltar es que a menor precipitación, mayores valores de ETo se registran.

El gráfico 10 muestra la variación multitemporal de la ETo, la precipitación (P), la velocidad del viento y la temperatura media (T.med) en el sector de Salinas de Garci Mendoza. Se observa que la ETo presenta un comportamiento oscilatorio con tendencia de bajada, comportamiento que también se observa en la precipitación; por su parte la velocidad del viento también presenta un comportamiento estable. Se observa una tendencia parecida en el comportamiento de la temperatura media.

Similar a lo observado en el sector de San Martín, en el sector de Salinas de Garci Mendoza también se ha observado un movimiento de la distribución de la precipitación durante el año (ciclo agrícola). Claramente se observa que del periodo 1990-1998 al periodo 1990-2008, la curva de distribución de la precipitación anual se ha ido concentrando en el segundo periodo del año (enero a junio), corroborando también las teorías que sustentan que las consecuencias del cambio climático no son exclusivamente bajadas o subidas en las tasas de precipitación, sino más bien cambios en su distribución y reducción de los periodos de precipitación.

Cuadro 24
Parámetros climáticos para el cálculo de la ETo

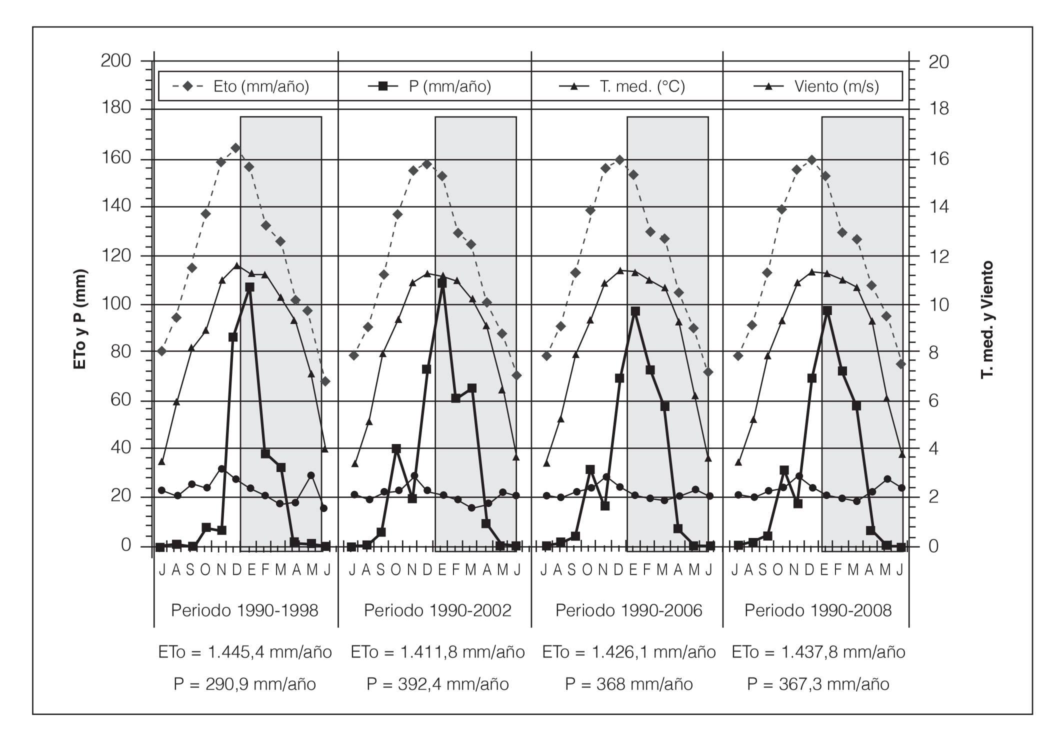
Estación: Salinas de Garci Mendoza — Provincia: Ladislao Cabrera

Latitud Sud: 19º39'03'' — Longitud oeste: 67º40'09''

Periodo	Variable climática	Meses												Total
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
1990 – 1998	T (ºC)	3,8	6,1	8,3	9,1	11,1	11,7	11,3	11,3	10,4	9,5	7,3	4,2	
	HR (%)	34,9	40,5	46,6	43,0	44,7	48,0	54,2	48,0	50,0	47,2	42,0	43,4	
	ETo (mm/d)	2,6	3,1	3,9	4,5	5,3	5,3	5,1	4,8	4,1	3,4	3,2	2,3	
	ETo (mm/m)	**81,4**	**95,5**	**116,2**	**138,5**	**160,0**	**165,4**	**157,3**	**133,4**	**127,3**	**102,9**	**98,2**	**69,3**	**1.445,4**
	P (mm)	**0**	**2,0**	**0**	**7,8**	**8,0**	**87,4**	**108,2**	**39,6**	**33,5**	**2,7**	**1,7**	**0**	**290,9**
1990 – 2002	T (ºC)	3,6	5,3	8,1	9,6	11,0	11,4	11,3	11,1	10,4	9,2	6,6	3,9	
	HR (%)	34,9	40,5	43,7	42,9	43,0	47,7	54,2	48,0	50,0	47,2	42,0	43,4	
	ETo (mm/d)	2,6	3,0	3,8	4,5	5,2	5,1	5,0	4,7	4,1	3,4	2,9	2,4	
	ETo (mm/m)	**79,5**	**91,8**	**113,1**	**138,4**	**156,4**	**159,2**	**154,1**	**130,6**	**125,7**	**102,0**	**89,4**	**71,7**	**1.411,8**
	P (mm)	**0**	**1,3**	**6,2**	**41,2**	**20,6**	**73,8**	**110,5**	**61,9**	**66,2**	**9,8**	**1,1**	**0**	**392,4**
1990 – 2006	T (ºC)	3,6	5,4	8,0	9,5	11,0	11,5	11,5	11,1	10,8	9,5	6,4	3,8	
	HR (%)	34,3	41,4	40,3	39,8	40,1	46,3	56,6	50,0	52,4	44,2	37,5	40,5	
	ETo (mm/d)	2,6	3,0	3,8	4,5	5,2	5,2	5,0	4,7	4,1	3,5	2,9	2,4	
	ETo (mm/m)	**79,3**	**92,4**	**114,2**	**139,9**	**156,9**	**160,8**	**154,2**	**130,7**	**128,5**	**105,7**	**91,0**	**72,4**	**1.426,1**
	P (mm)	**0**	**3,1**	**5,0**	**33,2**	**17,8**	**70,1**	**98,0**	**73,2**	**58,7**	**7,7**	**1,2**	**0,1**	**368,0**
1990 – 2008	T (ºC)	3,6	5,4	8,0	9,5	11,0	11,5	11,5	11,1	10,8	9,5	6,3	4,0	
	HR (%)	34,3	41,4	40,3	39,8	40,1	46,3	56,6	50,0	52,4	44,0	37,3	40,3	
	ETo (mm/d)	2,6	3,0	3,8	4,5	5,2	5,2	5,0	4,7	4,1	3,6	3,1	2,5	
	ETo (mm/m)	**79,3**	**92,4**	**114,2**	**139,9**	**156,9**	**160,8**	**154,2**	**130,7**	**128,5**	**108,7**	**95,9**	**76,1**	**1.437,8**
	P (mm)	**0**	**3,1**	**5,0**	**33,2**	**17,8**	**70,1**	**98,0**	**73,2**	**58,7**	**7,1**	**1,1**	**0,1**	**367,3**

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 10
Comportamiento multitemporal de la ETo de la precipitación en la estación de Salinas de Garci Mendoza



Fuente: Elaboración propia.

4.2 Evapotranspiración potencial espacial

En base a los registros climáticos de estaciones meteorológicas situadas dentro y circundantes al área de estudio, se ha determinado la distribución espacial de la ETo en toda la provincia Ladislao Cabrera. Considerando que en el sector la principal actividad económica productiva es la quinua, se ha priorizado modelar el comportamiento espacial y temporal de las variables climáticas para el mes de marzo, siendo este el mes de máxima demanda hídrica del cultivo.

Comportamiento espacial y temporal de temperatura

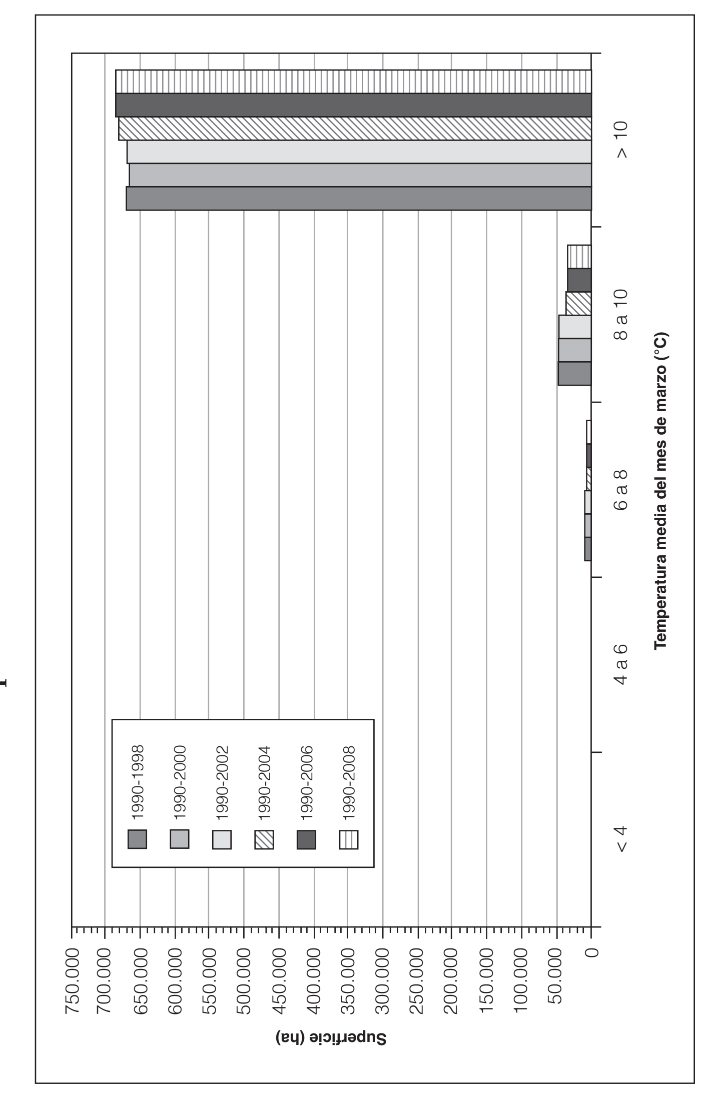
Según el análisis realizado sobre los registros de temperaturas, se ha encontrado que una mayor superficie de la provincia tiende a exponerse a altas temperaturas. En ese sentido, se ha encontrado que del periodo 1990-1998 al periodo 1990-2008 aproximadamente unos 195 km^2 más de la provincia se han ido exponiendo a temperaturas mayores a los 10ºC; en tanto que la superficie que se exponía a temperaturas menores a los 4ºC se ha ido reduciendo de 58 ha a 16 ha. El gráfico 11 muestra el comportamiento espacial de la temperatura media para diferentes periodos de análisis.

Comportamiento espacial y temporal del viento

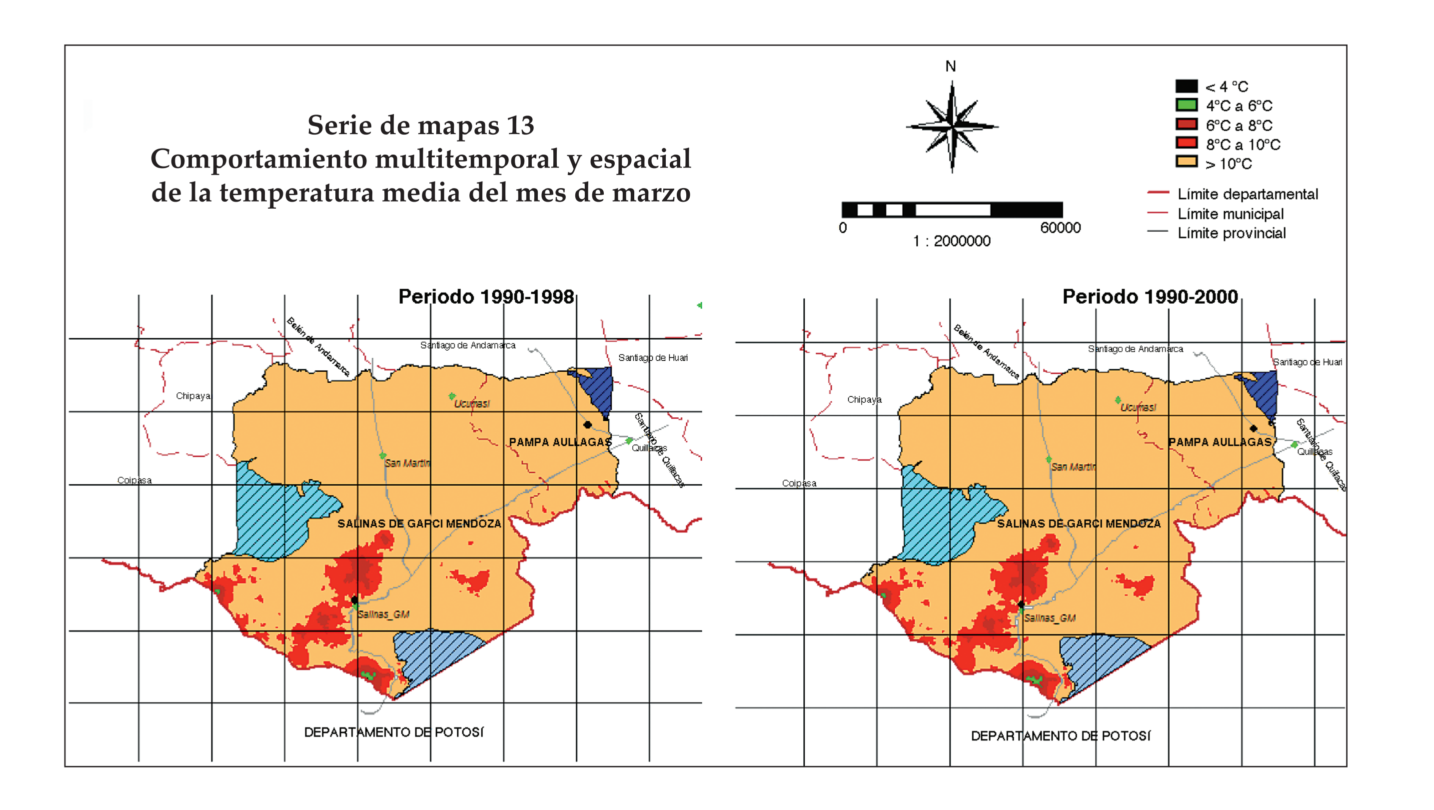
Según el análisis realizado sobre los registros de velocidades del viento, se ha encontrado que una mayor superficie de la provincia está tendiendo a exponerse a fuertes vientos. Es así que del periodo 1990-2000 a 1990-2008 se ha encontrado que unos 258 km^2 aproximadamente más de superficie se han ido exponiendo a velocidades del viento del orden de los 150 a 200 km/d, en tanto que unos 480 km^2 más se han ido exponiendo a velocidades del orden de los 200 a 250 km/d; mientras que una superficie aproximada de 535 km^2 más se ha ido exponiendo a velocidades del viento del orden de los 250 a 300 km/d.

Según este análisis, se ha encontrado que en el mes de marzo la velocidad del viento predominante en la provincia se halla en el orden de los 250 a 300 km/d. Según el análisis temporal, se espera que esta sea la velocidad más común en la provincia. También se

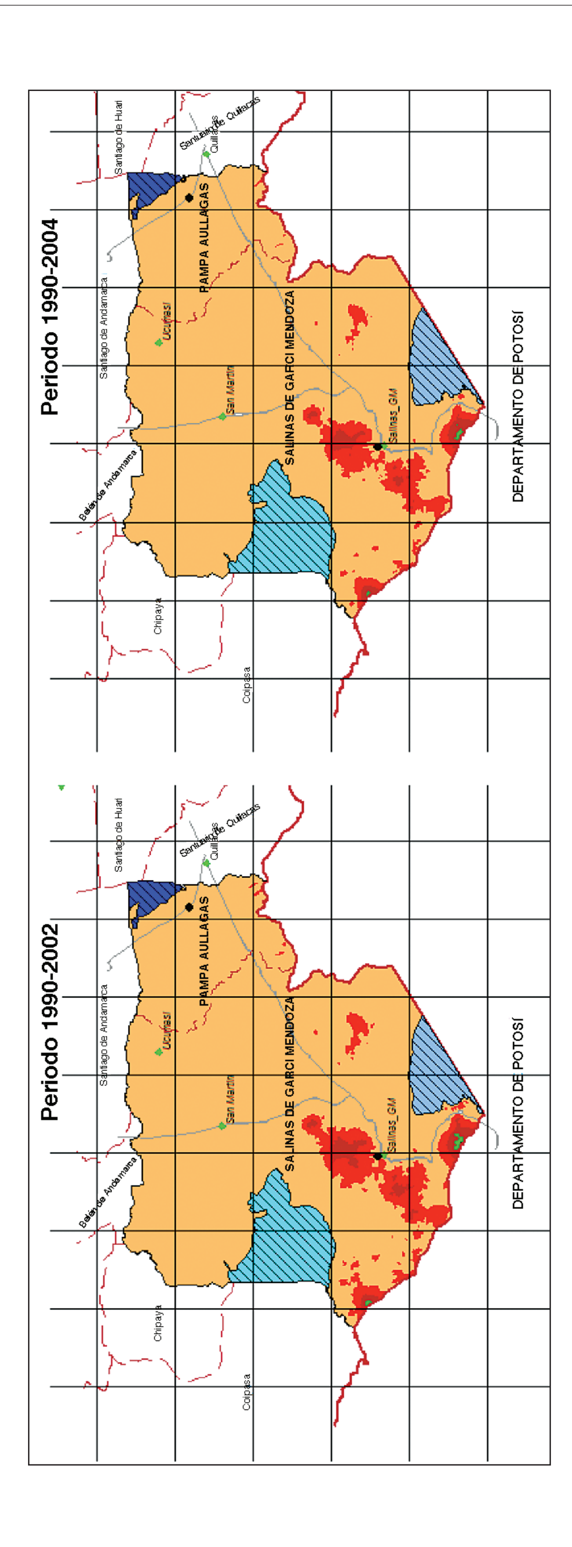
Gráfico 11
Comportamiento espacio-temporal de la temperatura media en el mes de marzo en la provincia Ladislao Cabrera

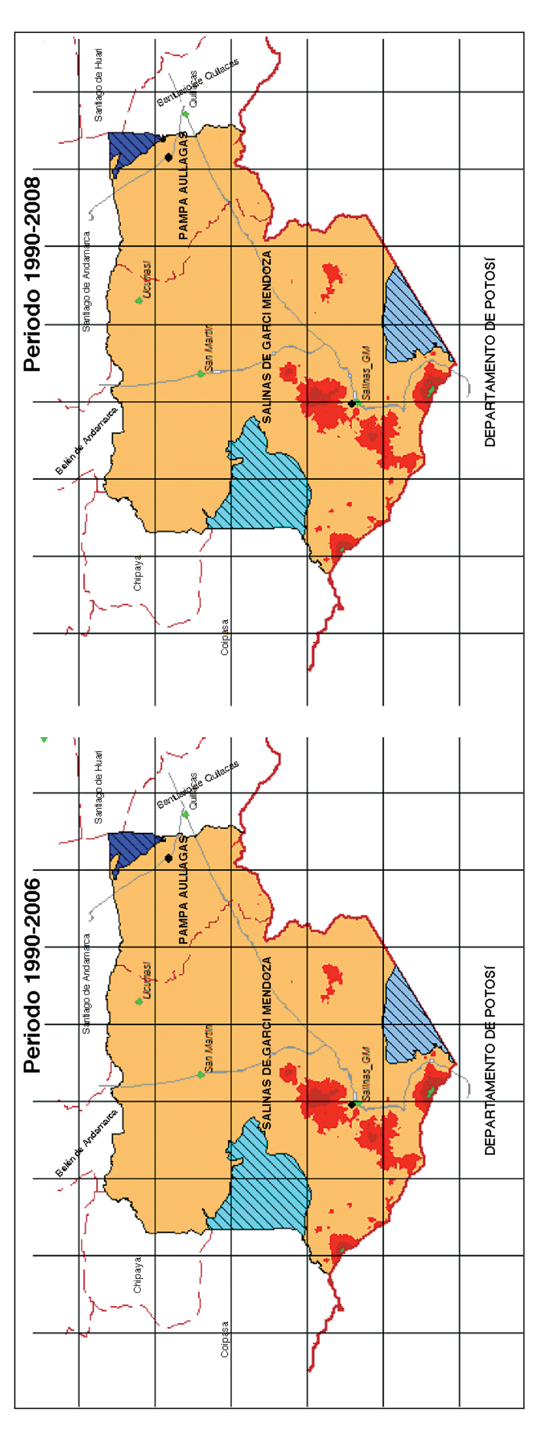


Fuente: Elaboración propia.



Serie de mapas 13
Comportamiento multitemporal y espacial
de la temperatura media del mes de marzo


Periodo 1990-2004
Santiago de Huari
Santiago de Andamarca
Belén de Andamarca
Chipaya
Coipasa
PAMPA AULLAGAS
San Martín
SALINAS DE GARCI MENDOZA
Salinas_GM
DEPARTAMENTO DE POTOSÍ
Periodo 1990-2002
Santiago de Huari
Santiago de Andamarca
Belén de Andamarca
Chipaya
Coipasa
PAMPA AULLAGAS
San Martín
SALINAS DE GARCI MENDOZA
Salinas_GM
DEPARTAMENTO DE POTOSÍ



Fuente: Elaboración propia.

ha observado que velocidades mayores a los 350 km/d no son muy comunes en la provincia. El gráfico 12 muestra el comportamiento espacial de la velocidad del viento según los registros obtenidos en los diferentes periodos de análisis.

Comportamiento espacial y temporal de la ETo

Según el análisis espacial y temporal de la ETo determinado para el mes de marzo, se ha encontrado que una mayor superficie de la provincia está tendiendo a exponerse a valores de ETo del orden de los 4,4 a 4,7 mm/d. Es así que entre el periodo 1990-2000 a 1990-2008 se ha encontrado que aproximadamente unos 322 km^2 más de la superficie se han expuesto a una ETo del orden de los 4,1 a 4,4 mm/d, en tanto que unos 613 km^2 más se han expuesto a una ETo del orden de los 4,4 a 4,7 mm/d; mientras que las superficies expuestas a rangos de ETo mayores y menores a los mencionados se han mantenido casi constantes o, en su caso, se han ido presentando en superficies menores.

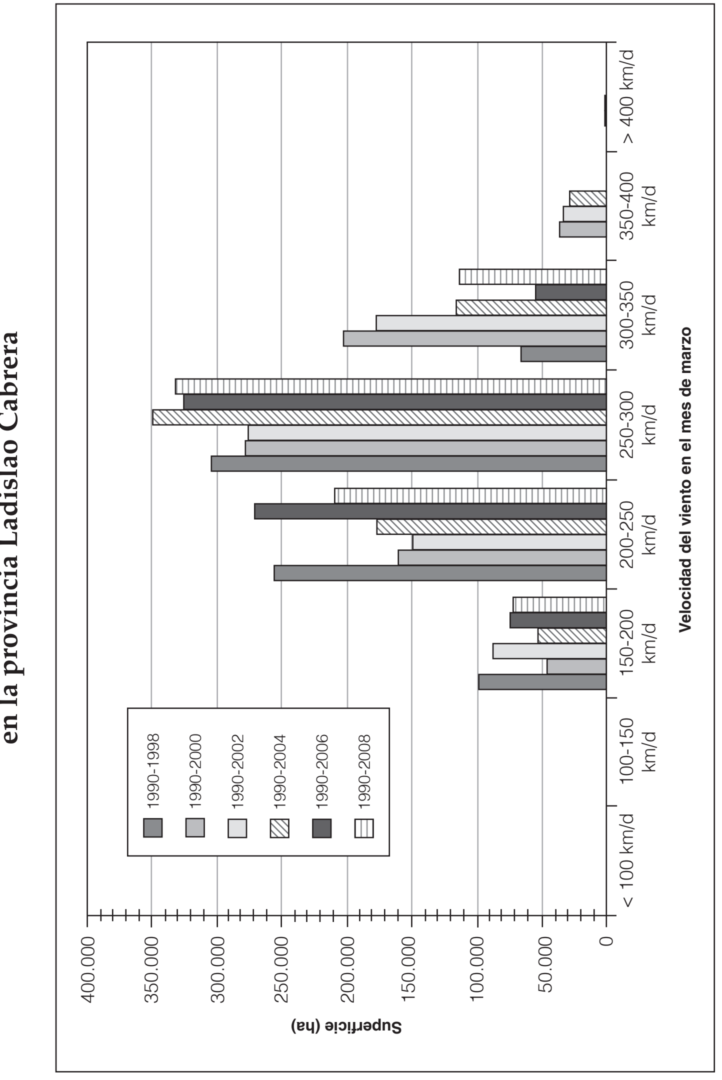
En el mes de marzo se ha encontrado que la ETo predominante en la región está en el orden de los 4,4 a 4,7 mm/d. Según la tendencia que se muestra en los mapas de Evapotranspiracion Potencial Máxima (ETo), se espera que este rango de ETo sea el más común en la provincia en el mes de marzo. Valores de ETo mayores a este rango no son muy frecuentes en la provincia. El gráfico 13 muestra el comportamiento espacial y temporal de la ETo determinado para el mes de marzo.

4.3 Necesidades hídricas del cultivo de quinua

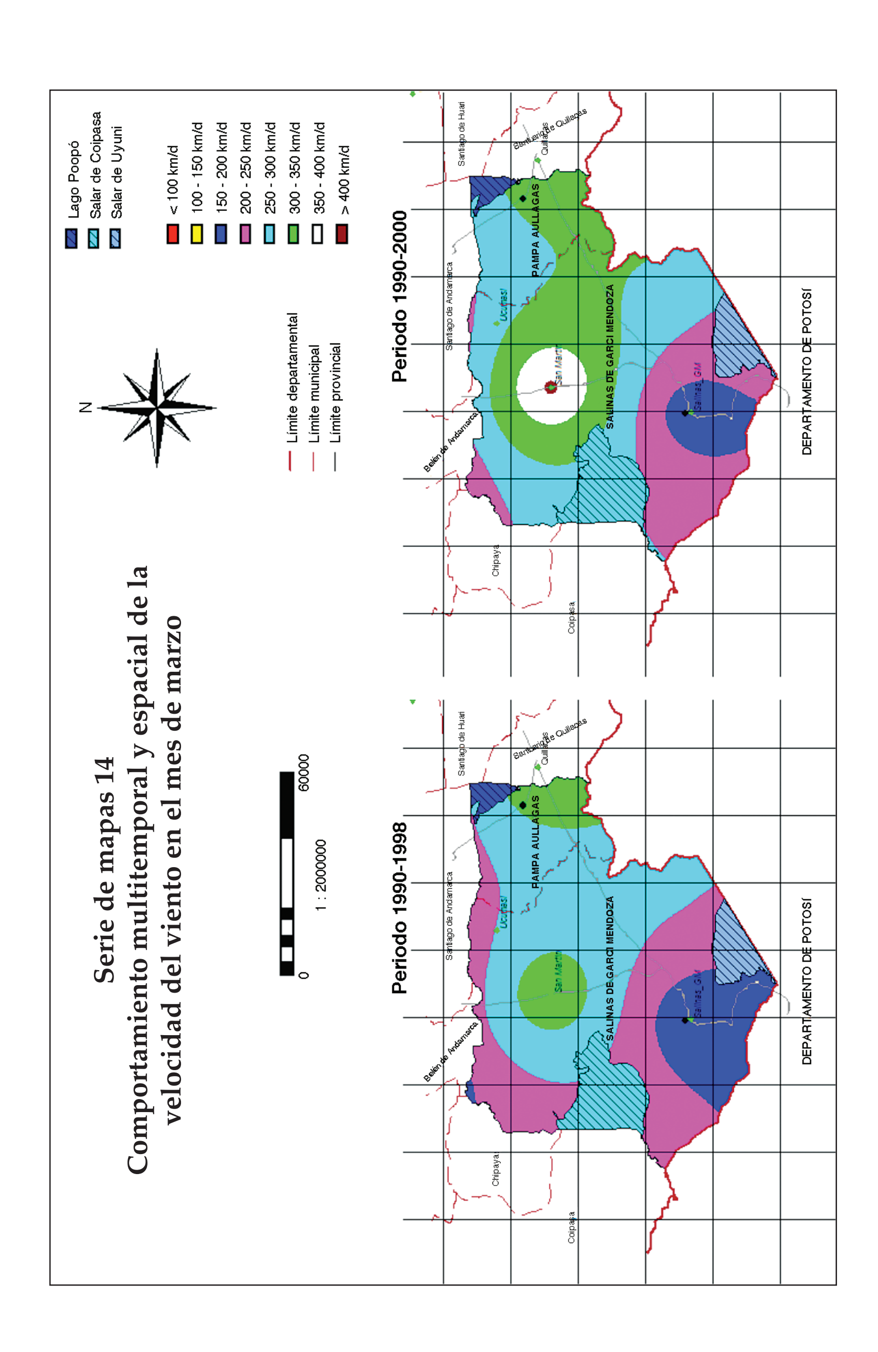
Necesidades hídricas en el sector de Salinas de Garci Mendoza

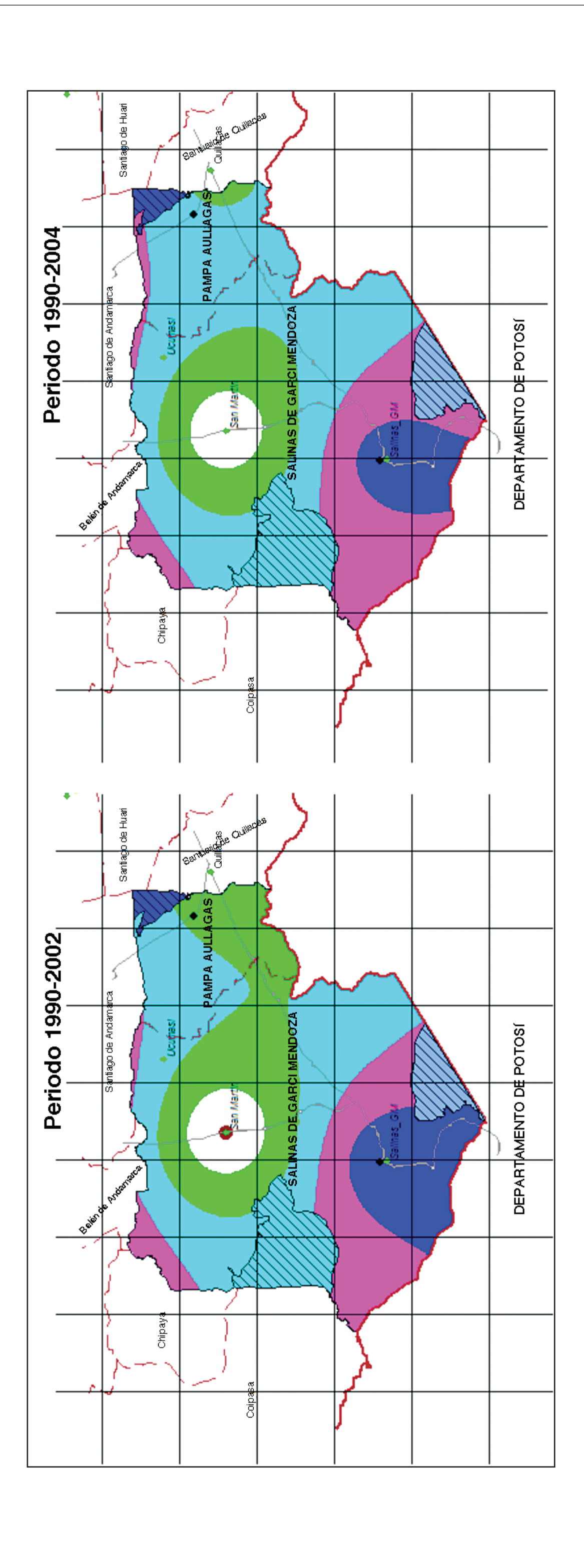
De acuerdo al análisis climatológico, se ha encontrado que del periodo 1990-2000 al periodo 1990-2008, la evapotranspiración potencial anual (ETo) presentó un comportamiento oscilatorio con tendencia a subir. En este sentido, del año 2001 al año 2008 la ETo se incrementó de 1.413,1 mm a 1.437,7 mm, lo cual representa unos 25 mm más de humedad perdida por evapotranspiración. Con respecto a la precipitación, esta tiene una tendencia a disminuir en el

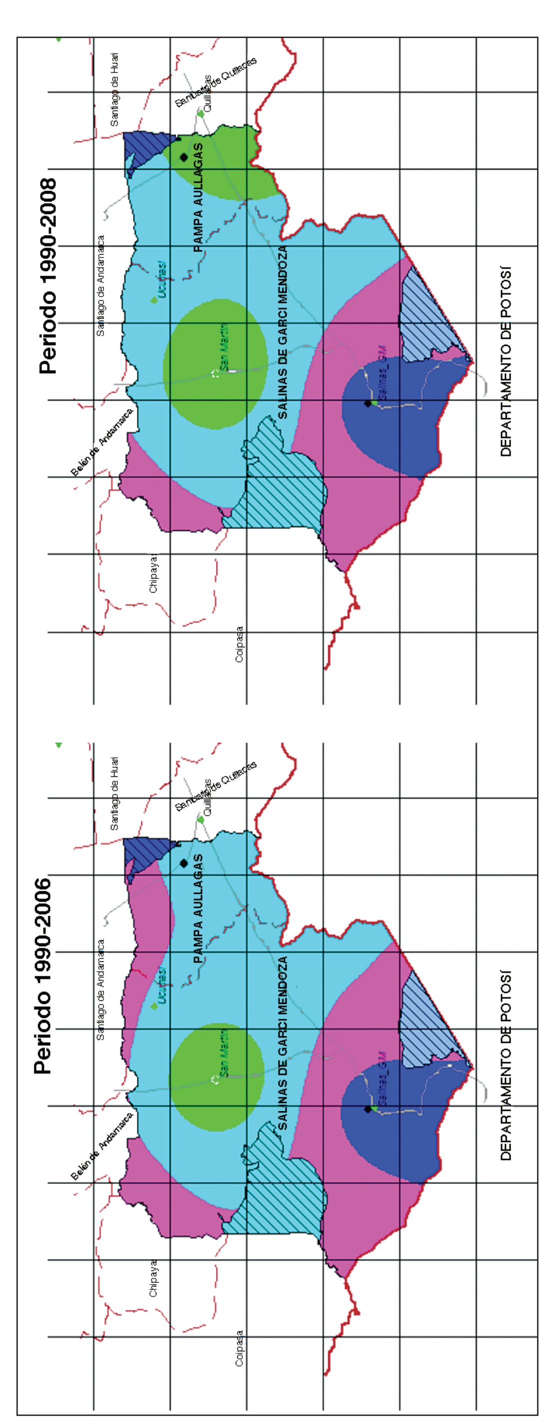
Gráfico 12
Comportamiento espacio-temporal de la velocidad del viento en el mes de marzo en la provincia Ladislao Cabrera



Fuente: Elaboración propia.

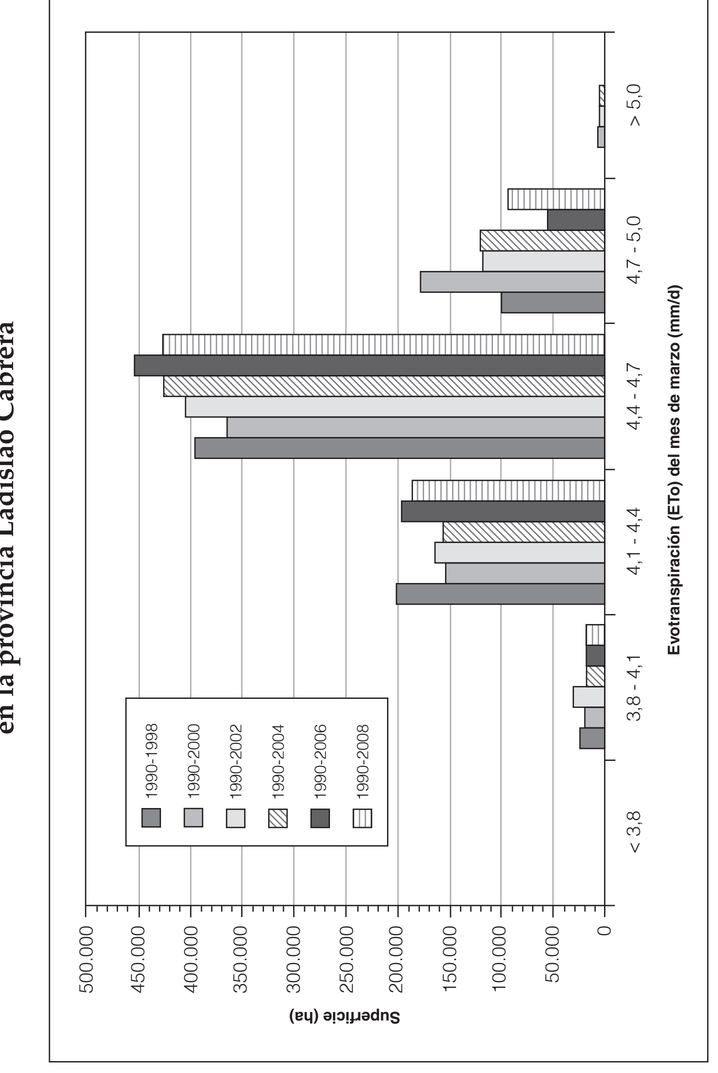

Serie de mapas 14
Comportamiento multitemporal y espacial de la velocidad del viento en el mes de marzo
N
Lago Poopó
Salar de Coipasa
Salar de Uyuni
< 100 km/d
100 - 150 km/d
150 - 200 km/d
200 - 250 km/d
250 - 300 km/d
300 - 350 km/d
350 - 400 km/d
> 400 km/d
Límite departamental
Límite municipal
Límite provincial
0
60000
1 : 2000000
Periodo 1990-1998
Periodo 1990-2000
PAMPA AULLAGAS
SALINAS DE GARCI MENDOZA
DEPARTAMENTO DE POTOSÍ
Santiago de Huari
Santiago de Andamarca
Belén de Andamarca
Chipaya
Coipasa
Quillacas
San Martín
Salinas_GM


Periodo 1990-2004
Santiago de Huari
Santiago de Andamarca
Belén de Andamarca
Chipaya
Coipasa
PAMPA AULLAGAS
SALINAS DE GARCI MENDOZA
DEPARTAMENTO DE POTOSÍ
Periodo 1990-2002
Santiago de Huari
Santiago de Andamarca
Belén de Andamarca
Chipaya
Coipasa
PAMPA AULLAGAS
SALINAS DE GARCI MENDOZA
DEPARTAMENTO DE POTOSÍ

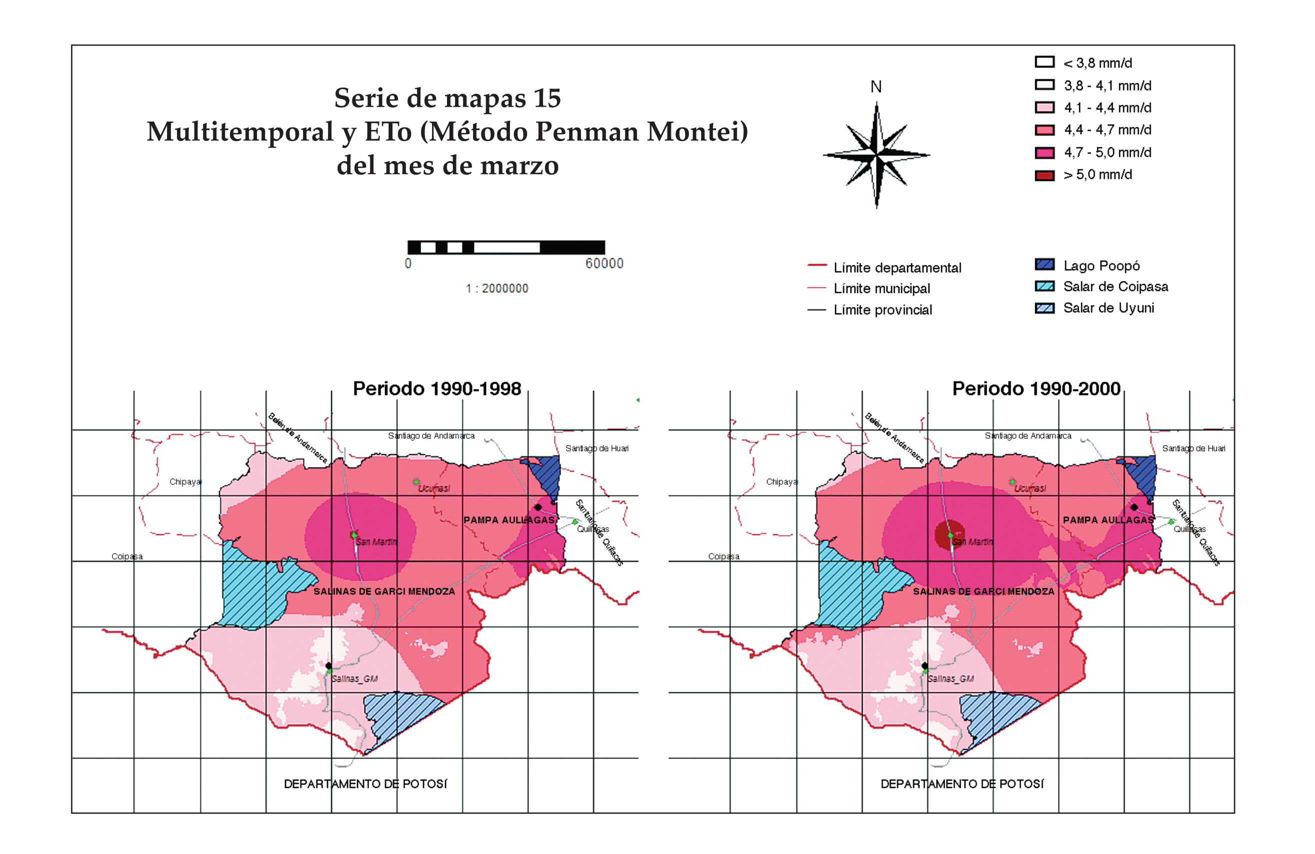


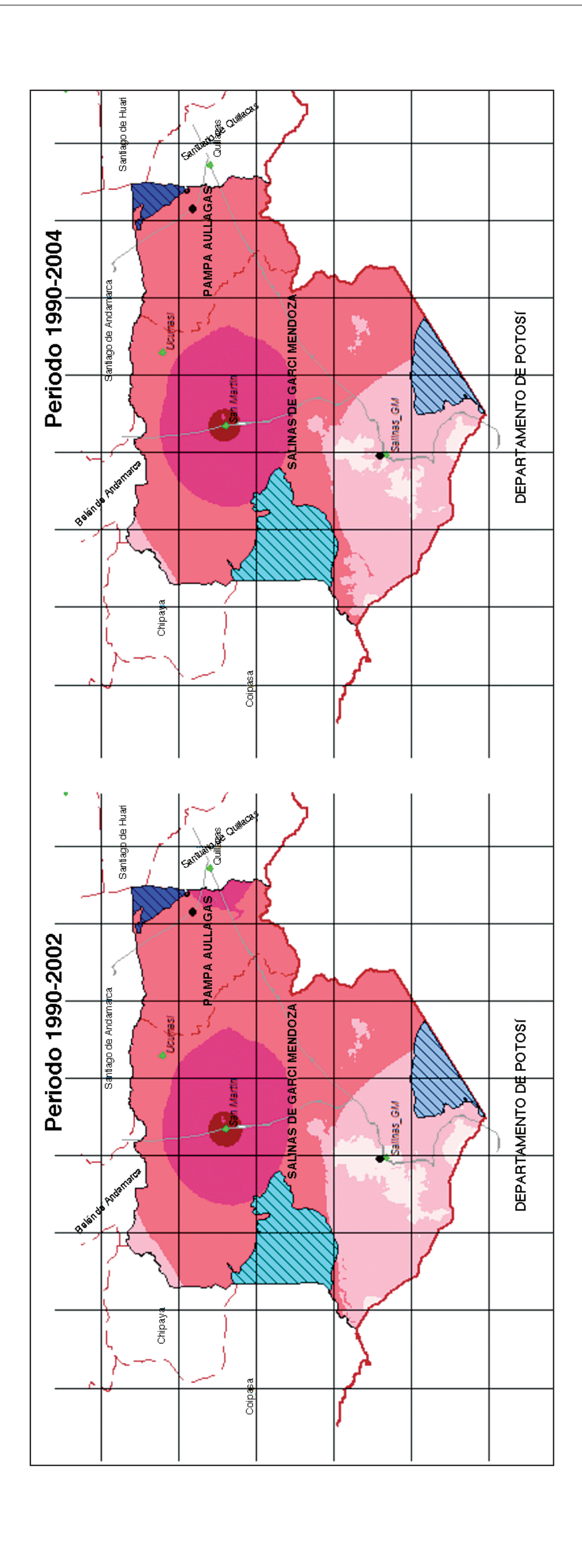
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 13
Comportamiento espacio-temporal de la ETo en el mes de marzo en la provincia Ladislao Cabrera

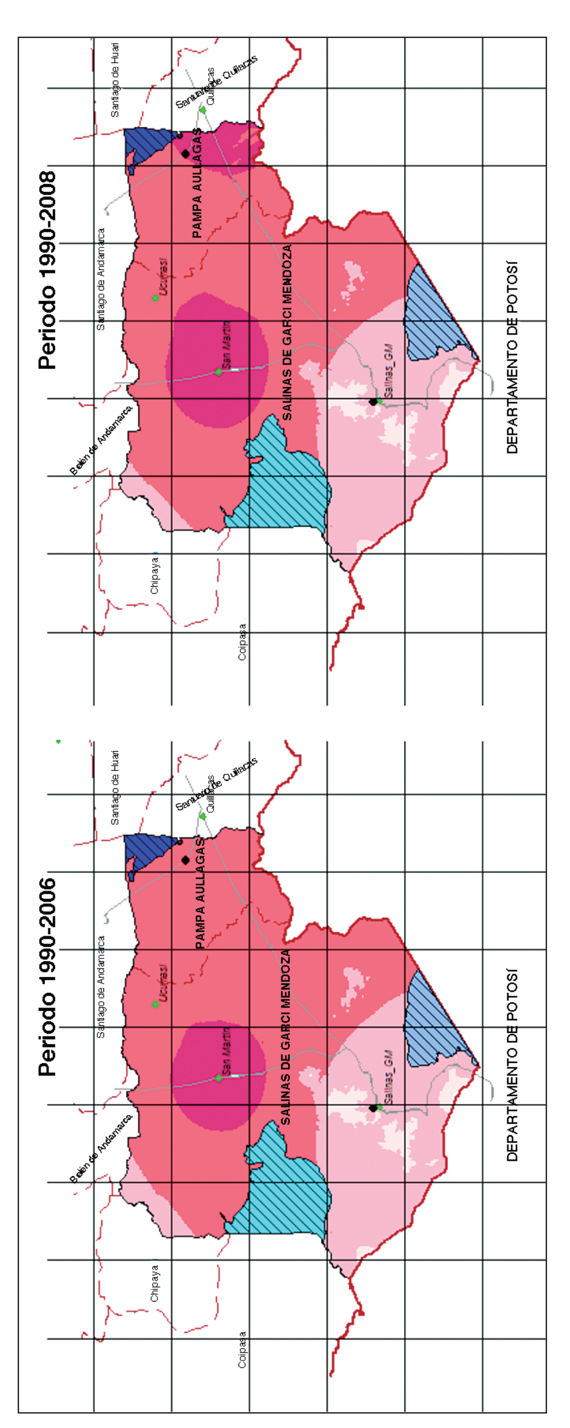


Fuente: Elaboración propia.


Serie de mapas 15
Multitemporal y ETo (Método Penman Montei)
del mes de marzo
0
60000
1 : 2000000
N
< 3,8 mm/d
3,8 - 4,1 mm/d
4,1 - 4,4 mm/d
4,4 - 4,7 mm/d
4,7 - 5,0 mm/d
> 5,0 mm/d
Límite departamental
Límite municipal
Límite provincial
Lago Poopó
Salar de Coipasa
Salar de Uyuni
Periodo 1990-1998
Periodo 1990-2000
Santiago de Andamarca
Santiago de Huari
Chipaya
Coipasa
Ucumasi
San Martín
PAMPA AULLAGAS
SALINAS DE GARCI MENDOZA
Salinas_GM
DEPARTAMENTO DE POTOSÍ



Periodo 1990-2004
Periodo 1990-2002
PAMPA AULLAGAS
SALINAS DE GARCI MENDOZA
DEPARTAMENTO DE POTOSÍ
Santiago de Huari
Santiago de Andamarca
Belén de Andamarca
Chipaya
Coipasa
Salinas_GM
San Martin



Fuente: Elaboración propia.

tiempo; en este sentido, se ha observado que del año 2002 al año 2008 la precipitación se redujo de 392 a 376 mm, lo cual representa unos 16 mm menos de agua. La ETo y la precipitación son las variables climáticas que inciden directamente en las necesidades hídricas del cultivo, es así que su comportamiento influye directamente sobre los requerimientos hídricos.

En el sector de Salinas de Garci Mendoza, se ha encontrado que del año 2001 al año 2008, las necesidades de agua de la quinua subieron de 571 a 597 mm. Esto representa unos 18 mm más de agua necesarios para cubrir el déficit hídrico. Aparentemente este incremento no parece significativo, pero en términos de área y volumen representa unos 180 m^3/ha más de agua requeridos por el cultivo.

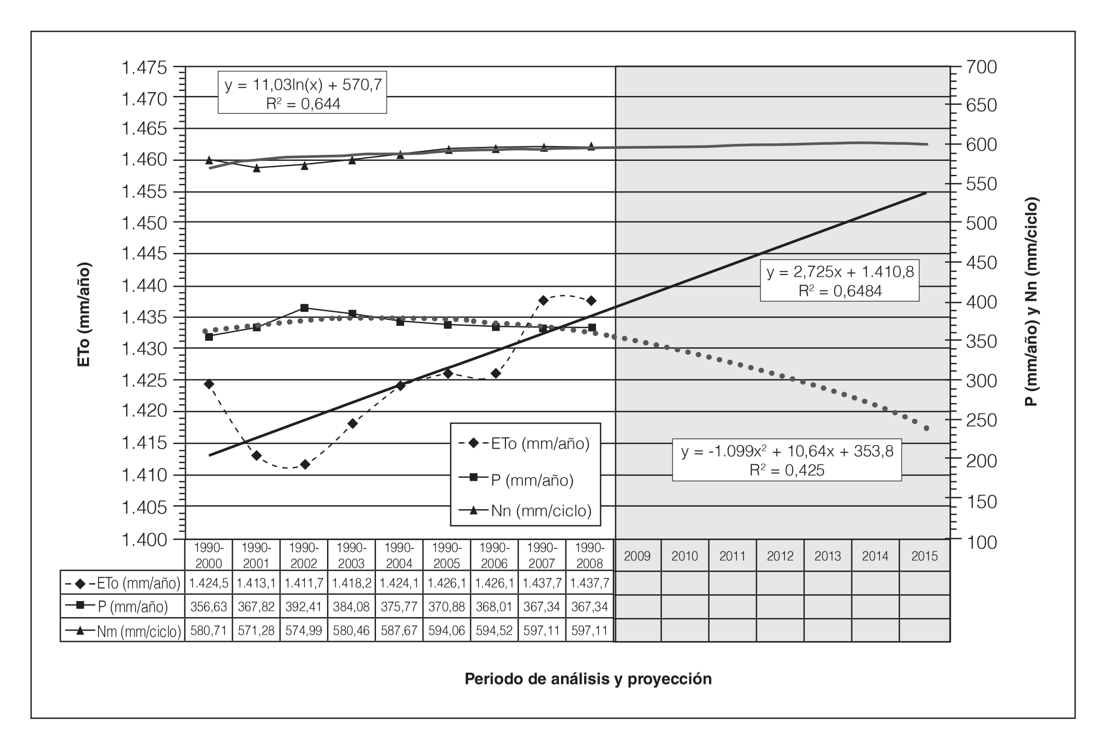
En general, una disminución de la precipitación pluvial y un aumento de la evapotranspiración se viene presentado en el sector de Salinas de Garci Mendoza, lo cual podría explicar por qué en los últimos años los rendimientos de la quinua han ido disminuyendo y por qué en la región se hace necesaria la implementación de sistemas de riego orientados a la satisfacción de las necesidades hídricas del cultivo.

Según el escenario climático proyectado al 2015, se espera que del año 2008 al año 2015 la ETo suba hasta casi los 1.455 mm/año, unos 17 mm más de agua que se espera se pierdan por evapotranspiración. Por su parte se espera que la precipitación disminuya a cerca de las 250 mm/año; unos 100 mm menos de agua. Estas condiciones provocarán que las necesidades hídricas sobrepasen los 600 mm/ciclo. Algunas consecuencias de estas variaciones son una mayor superficie de suelos expuesto a altas evapotranspiraciones, reducida disponibilidad de agua en el suelo y, por lo tanto, bajas en el rendimiento del cultivo de quinua. El gráfico 14 muestra el comportamiento de la ETo, la precipitación y las necesidades hídricas proyectado al año 2015 en el sector de Salinas de Garci Mendoza.

Necesidades hídricas en el sector de San Martín

De acuerdo al análisis climatológico realizado en el periodo 1990-1998 al periodo 1990-2008, se ha encontrado que la evapotranspiración

Gráfico 14
Comportamiento temporal y proyectado de la ETo, la precipitación y las Nn en el sector de Salinas de Garci Mendoza



	1990-2000	1990-2001	1990-2002	1990-2003	1990-2004	1990-2005	1990-2006	1990-2007	1990-2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ETo (mm/año)	1.424,5	1.413,1	1.411,7	1.418,2	1.424,1	1.426,1	1.426,1	1.437,7	1.437,7							
P (mm/año)	356,63	367,82	392,41	384,08	375,77	370,88	368,01	367,34	367,34							
Nm (mm/ciclo)	580,71	571,28	574,99	580,46	587,67	594,06	594,52	597,11	597,11							

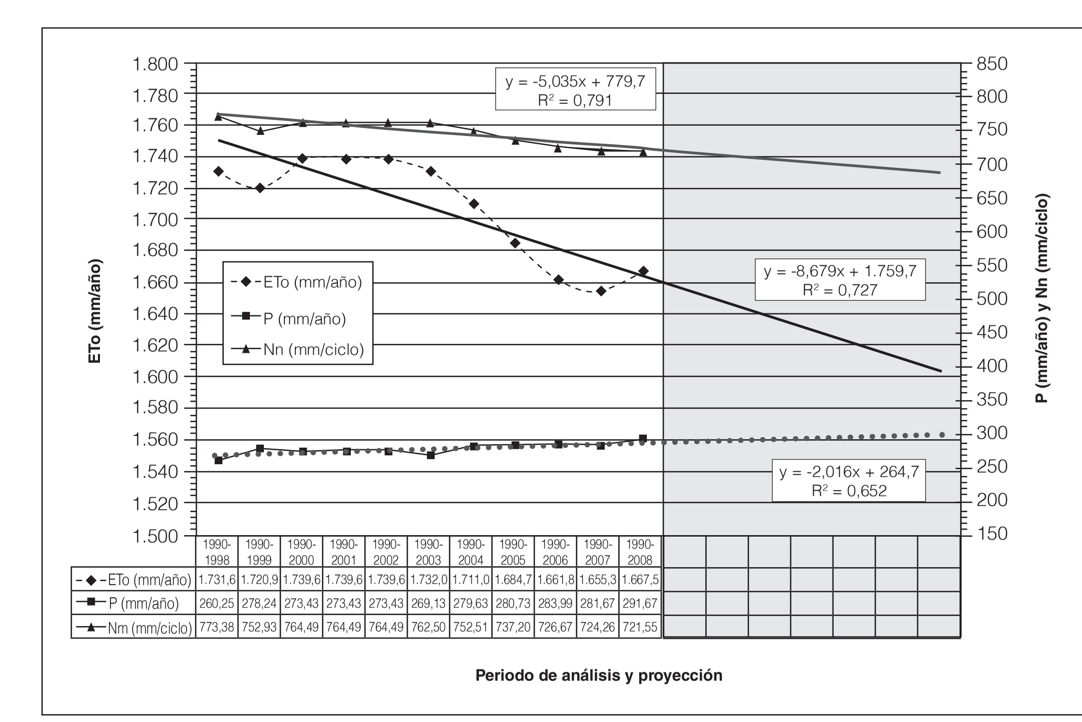
Fuente: Elaboración propia.

potencial anual (ETo) presentó un comportamiento oscilatorio con tendencia a disminuir. En este sentido, del año 1998 al año 2008, la ETo descendió de 1.731 a 1.667 mm. En relación a la precipitación, se ha observado que esta tiene una tendencia a subir, observándose que del año 1998 a 2008 la precipitación subió de aproximadamente 260 mm a 292 mm. El descenso de la ETo y el aumento de la precipitación son favorables para el cultivo, motivo por el que las necesidades hídricas de la quinua descendieron de 773 mm (1998) a 721 mm (2008), lo que significa unos 52 mm de agua que la quinua habría dejado de necesitar. Aunque estas tendencias son favorables para los cultivos, los altos índices de evapotranspiración comparados con las reducidas tasas de precipitación son los factores que determinan que en la zona se tengan bajos rendimientos de quinua.

Según el escenario climático proyectado al año 2015, se espera que la ETo descienda hasta unos 1.600 mm/año y que la precipitación aumente de 300 a 310 mm/año, esto significa tener 60 mm menos de agua perdida por evapotranspiración y 10 mm más recibida por precipitación. Bajo estas condiciones, se espera que las necesidades hídricas proyectadas al año 2015 se reduzcan de 721 mm/ciclo a 690 mm/ciclo aproximadamente, lo cual es favorable en el sector de Salinas de Garci Mendoza. Aunque estas tendencias representan mejores condiciones climáticas para el cultivo de quinua, estas no son suficientes, ya que en el sector el déficit hídrico es cercano a los 350 mm, lo cual es un reto difícil de afrontar, más aun cuando la disponibilidad de agua dulce es escasa e incluso nula. El gráfico 15 muestra el comportamiento temporal y proyectado de la ETo, la precipitación y las necesidades hídricas de quinua en el sector de Salinas de Garci Mendoza.

Se ha encontrado que la ETo determinada por el Método Penman Monteith está fuertemente influenciada por la velocidad del viento. En el sector de San Martín, a partir de 2002, se ha observado una disminución en la velocidad del viento, produciendo valores bajos de evapotranspiración potencial y, por ende, una disminución en las necesidades hídricas del cultivo de quinua. En promedio se ha encontrado que las necesidades hídricas en el sector de San Martín están en el orden los 750 mm/ciclo; mientras que en el sector de Salinas de Garci Mendoza estas alcanzaron en promedio a los 550 mm/ciclo.

Gráfico 15
Comportamiento temporal y proyectado de la ETo, la precipitación y las Nn en el sector de San Martín



	1990-1998	1990-1999	1990-2000	1990-2001	1990-2002	1990-2003	1990-2004	1990-2005	1990-2006	1990-2007	1990-2008
ETo (mm/año)	1.731,6	1.720,9	1.739,6	1.739,6	1.739,6	1.732,0	1.711,0	1.684,7	1.661,8	1.655,3	1.667,5
P (mm/año)	260,25	278,24	273,43	273,43	273,43	269,13	279,63	280,73	283,99	281,67	291,67
Nm (mm/ciclo)	773,38	752,93	764,49	764,49	764,49	762,50	752,51	737,20	726,67	724,26	721,55

Fuente: Elaboración propia.

Los gráficos 16 y 17 muestran la incidencia de la T.med, Viento, HR sobre la ETo en la estación de Salinas de Garci Mendoza y San Martín, respectivamente. Se observa que a medida que aumenta la temperatura, la ETo va aumentando en una relación directa, a excepción del periodo comprendido entre enero a abril, en el que se registra un descenso coincidiendo con el descenso en la velocidad del viento. Mediante esta observación, se puede deducir que la velocidad del viento ejerce un peso importante en el cálculo de la ETo; es decir que, mientras mayor sea la velocidad del viento, mayores son los valores de ETo.

Para corroborar la relación existente entre la ETo y la velocidad del viento, se ha graficado el comportamiento de estas dos variable. De manera general se ha encontrado que las necesidades hídricas de la quinua son más altas en el sector de San Martín que en el sector de Salinas de Garci Mendoza. No se debe olvidar que el cálculo corresponde a necesidades netas y no totales; estas últimas estarán en función del tipo de riego que se practica. Por ejemplo, se obtiene mayor eficiencia en sistemas de riego por goteo que en sistemas de riego superficial.

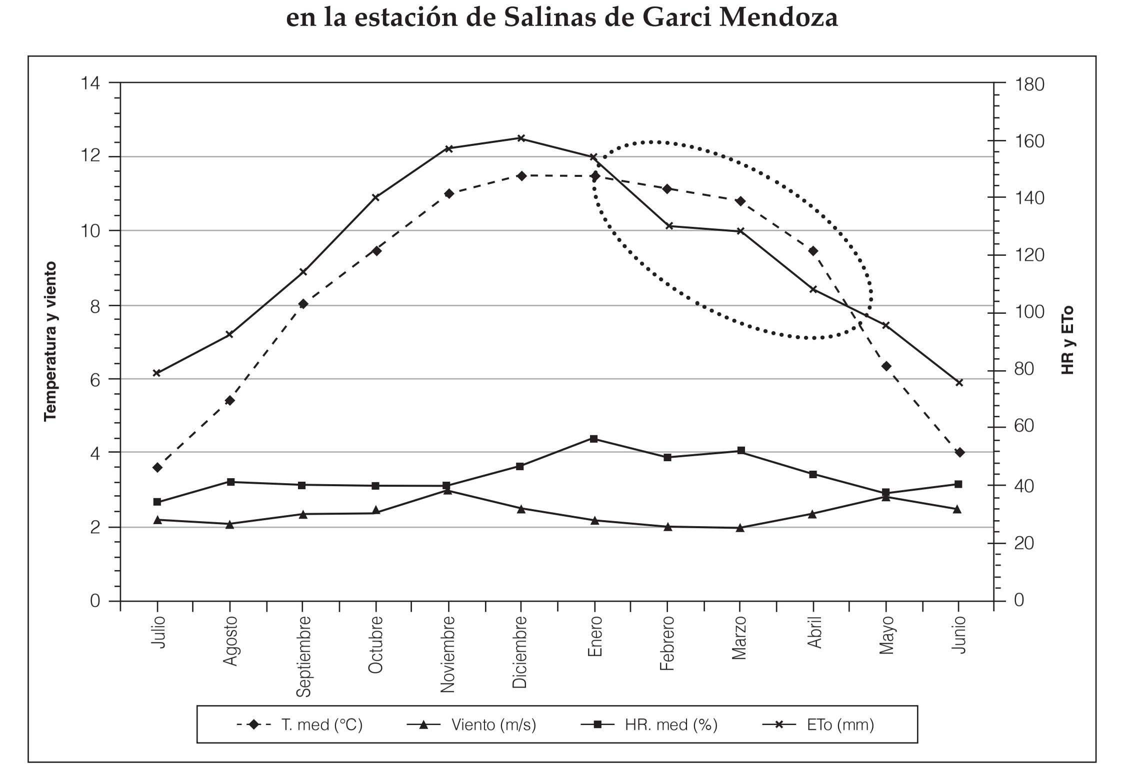
Los gráficos 18 y 19 muestran el comportamiento de la ETo y del viento en los sectores de Salinas de Garci Mendoza y San Martín, respectivamente. Se ha encontrado que ambas variables siguen un comportamiento similar, aunque se ha observado que en el sector de Salinas de Garci Mendoza la relación observada es mayor comparada con la observada en el sector de San Martín.

5. Escenarios de comportamiento del rendimiento de la quinua en diferentes condiciones climáticas

5.1 Rendimiento de la quinua estimado y proyectado según la disponibilidad de humedad

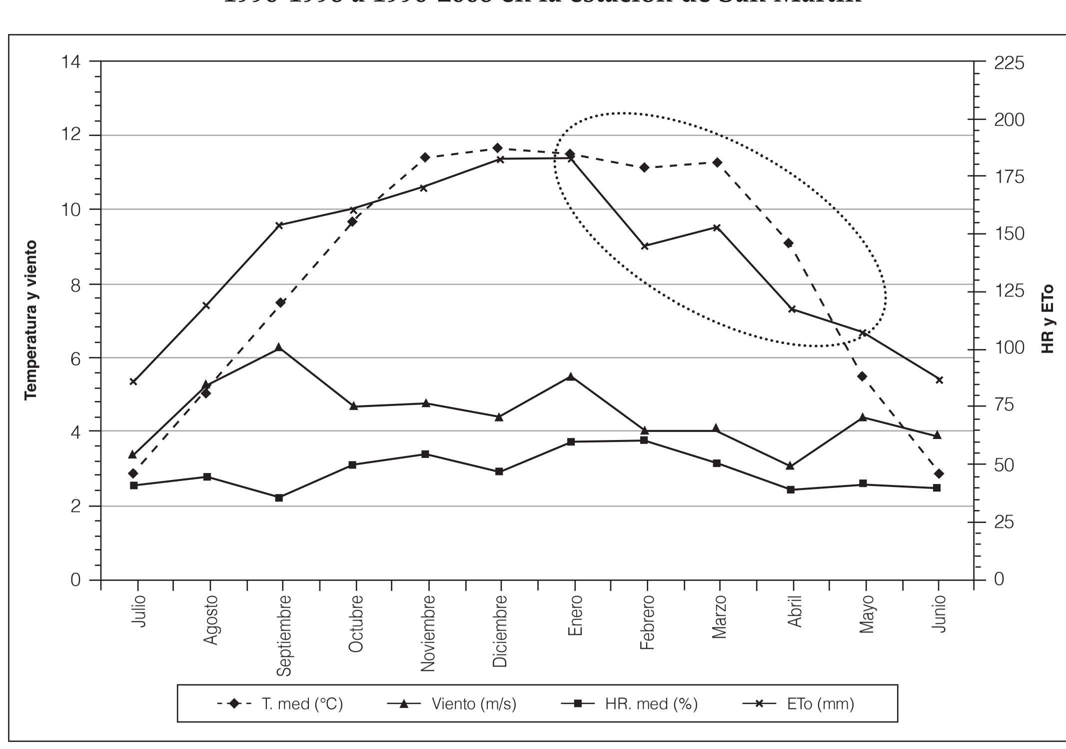
A través de la verificación de datos en el AQUACROP, se ha encontrado que si en la etapa de germinación de la quinua:

Gráfico 16
Incidencia de la T. med, velocidad del viento, HR sobre la ETo en el periodo 1990-1998 a 1990-2008 en la estación de Salinas de Garci Mendoza



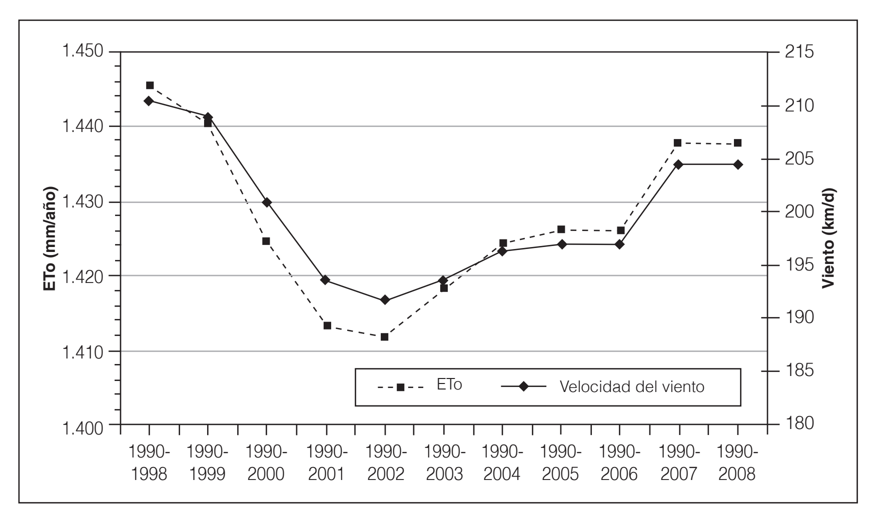
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 17
Incidencia de la T. med, velocidad del viento, HR sobre la ETo en el periodo 1990-1998 a 1990-2008 en la estación de San Martín



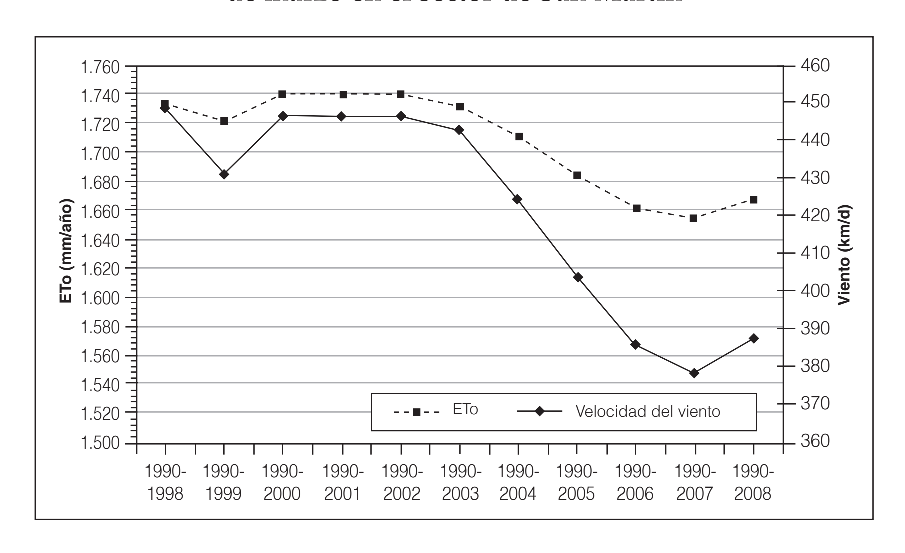
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 18
Comportamiento de la ETo y la velocidad del viento del mes de marzo en el sector de Salinas de Garci Mendoza



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 19
Comportamiento de la ETo y la velocidad del viento del mes de marzo en el sector de San Martín



Fuente: Elaboración propia.

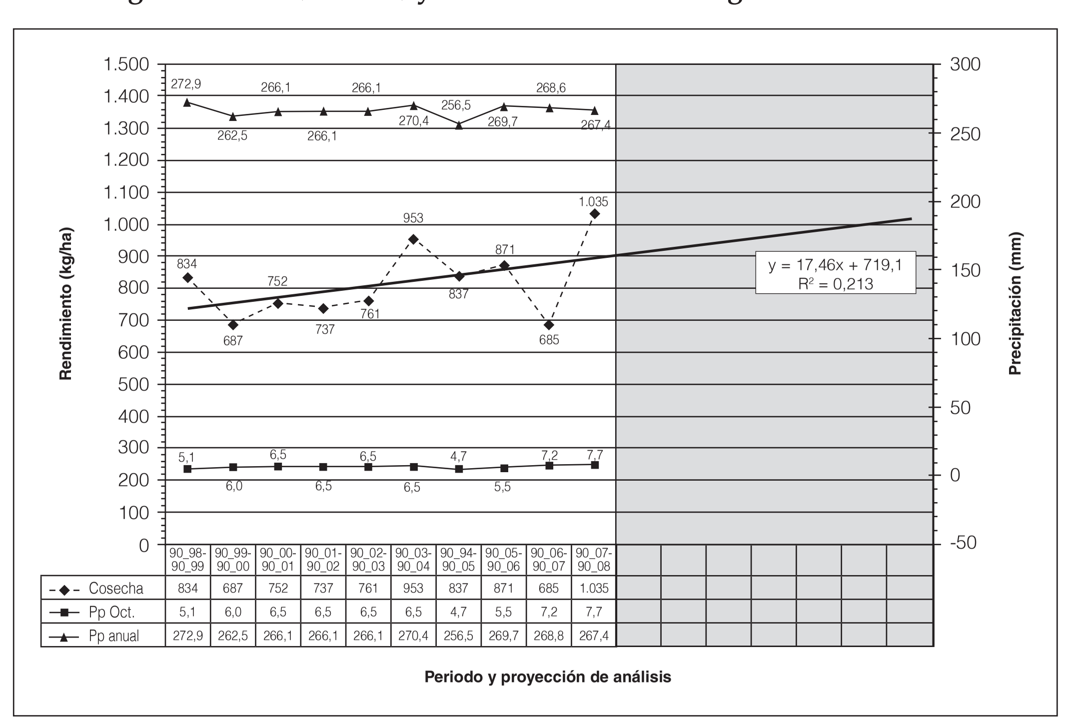
- la disponibilidad de humedad en el suelo es aceptable y luego esta baja en el resto de su ciclo, la quinua presentará menor resistencia al déficit hídrico en el resto de su desarrollo, lo cual se traduciría en una baja en su rendimiento, por el contrario:
- si durante la germinación la quinua sufre un estrés hídrico, esta desarrollará mayor resistencia al estrés de humedad durante su desarrollo, ocasionado que no se presenten disminuciones considerables en su rendimiento por falta de agua.

En el sector de San Martín se ha observado que durante los ciclos agrícolas de 2000 a 2003, la disponibilidad de agua en el periodo de germinación de la quinua estuvo en un rango aceptable (6,0; 6,5; 6,5; 6,5 mm, respectivamente); pero los rendimientos simulados estuvieron entre 687 a 761 kg/ha, siendo estos bajos comparados con otros periodos agrícolas. Este comportamiento sugiere que un estrés hídrico producido en las etapas de crecimiento, floración y maduración hubiese sido la causa para tener bajos rendimientos, pese a que en la germinación se hubiesen presentado buenas condiciones de humedad en el suelo. Un caso contrario se observa durante el ciclo 2004-2005 en el que se reporta 4,7 mm de humedad disponible en el periodo de germinación, en que el rendimiento simulado alcanzó a 837 kg/ha. Pese a haber existido un descenso de casi 20 mm de lluvia anual en ese periodo, se atribuye este alto rendimiento a la resistencia al estrés hídrico generada por el cultivo durante la etapa de germinación. El gráfico 20 muestra la tendencia del rendimiento de la quinua simulado y proyectado en las condiciones de humedad registradas en la etapa de germinación (octubre), así como la humedad registrada en todo su ciclo en el sector de San Martín.

En el mismo sector (San Martín), se observa que los rendimientos proyectados tienen una tendencia de subir hasta un máximo de unos 1.030 kg/ha, coincidiendo con el rendimiento registrado en el ciclo agrícola 2007-2008.

En el sector de Salinas de Garci Mendoza, el comportamiento del rendimiento de la quinua respecto a la disponibilidad de agua durante la etapa de germinación y la disponibilidad de agua durante todo su ciclo son similares a los observados en el sector de San Martín. Por ejemplo, en el ciclo 98-99, se ha encontrado que una

Gráfico 20
Rendimientos de quinua simulados y proyectados como función de la precipitación caída en el periodo de germinación (octubre) y durante todo su ciclo agrícola - San Martín



	90_98-90_99	90_99-90_00	90_00-90_01	90_01-90_02	90_02-90_03	90_03-90_04	90_94-90_05	90_05-90_06	90_06-90_07	90_07-90_08
Cosecha	834	687	752	737	761	953	837	871	685	1.035
Pp Oct.	5,1	6,0	6,5	6,5	6,5	6,5	4,7	5,5	7,2	7,7
Pp anual	272,9	262,5	266,1	266,1	266,1	270,4	256,5	269,7	268,8	267,4

Fuente: Elaboración propia.

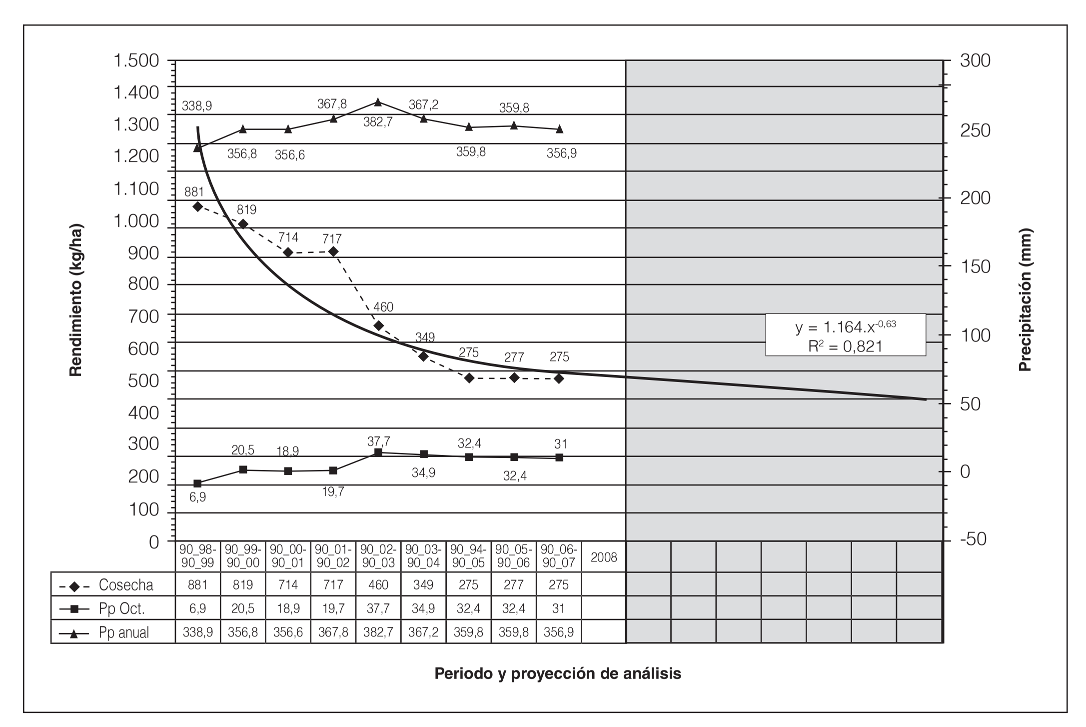
baja disponibilidad de humedad en el periodo de germinación (6,9 mm) y una baja disponibilidad de agua registrada en todo su ciclo (338,9 mm) han reportado los más altos rendimientos (881 kg/ha). La resistencia generada por el cultivo en la etapa de germinación al efecto de estrés hídrico es probablemente la explicación de este alto rendimiento, aunque se tenga estrés hídrico en el resto del ciclo del cultivo. Un caso totalmente contrario se ha encontrado en el ciclo 2002-2003. El gráfico 21 muestra la tendencia del rendimiento de la quinua simulado y proyectado en las condiciones de humedad registradas en la etapa de germinación (octubre), así como la humedad registrada en todo su ciclo en el sector de Salinas de Garci Mendoza.

En el mismo sector (Salinas de Garci Mendoza), se observa que los rendimientos proyectados tienen una tendencia a bajar hasta un máximo de 200 kg/ha. Este dato es totalmente preocupante y sugiere que medidas urgentes como cambios en las épocas de siembra deben ser aplicados como medidas de adaptación a las variabilidades climáticas en Salinas de Garci Mendoza.

5.2 Rendimiento de la quinua estimado y proyectado según las condiciones térmicas

Con referencia a la temperatura, el análisis realizado en el AQUACROP con datos de temperatura máxima y mínima registrados durante la etapa de germinación de la planta, se ha encontrado que la temperatura más influyente en el rendimiento es la temperatura mínima. Es así que, si durante la germinación (octubre) se registran temperaturas mínimas en el orden de 0,1ºC a 0,3ºC, es probable que el cultivo presente altos rendimientos. Esto se relaciona directamente con la humedad disponible. Con referencia a las temperaturas máximas, los resultados encontrados muestran que cuanto más bajas son las temperaturas máximas en el mismo periodo, mayor es la posibilidad de tener rendimientos altos. El gráfico 22 muestra el comportamiento del rendimiento de la quinua simulado y proyectado en relación al comportamiento de las temperaturas mínimas y máximas en la etapa de germinación de la quinua (octubre) - San Martín.

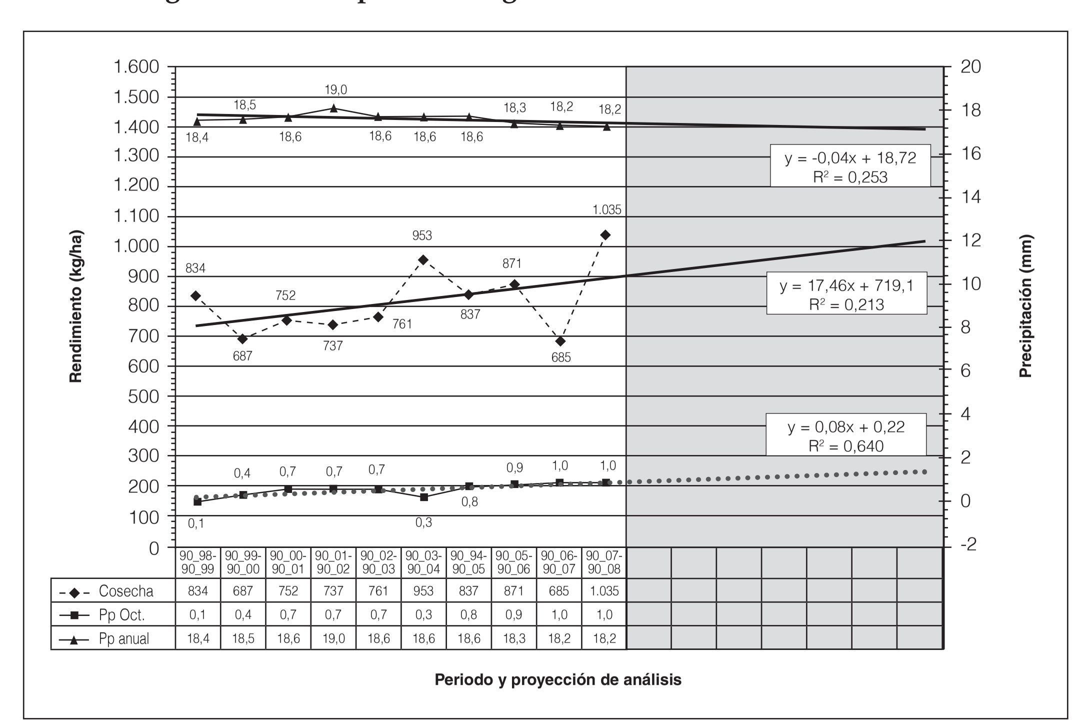
Gráfico 21
Rendimientos de quinua simulados y proyectados como función de la precipitación caída en el periodo de germinación (octubre) y durante todo su ciclo agrícola – Salinas de Garci Mendoza



	90_98-90_99	90_99-90_00	90_00-90_01	90_01-90_02	90_02-90_03	90_03-90_04	90_94-90_05	90_05-90_06	90_06-90_07	2008
Cosecha	881	819	714	717	460	349	275	277	275	
Pp Oct.	6,9	20,5	18,9	19,7	37,7	34,9	32,4	32,4	31	
Pp anual	338,9	356,8	356,6	367,8	382,7	367,2	359,8	359,8	356,9	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 22
Rendimientos de la quinua simulados y proyectados como función de las temperaturas máximas y mínimas registrados en el periodo de germinación (octubre) - San Martín



	90_98-90_99	90_99-90_00	90_00-90_01	90_01-90_02	90_02-90_03	90_03-90_04	90_94-90_05	90_05-90_06	90_06-90_07	90_07-90_08
Cosecha	834	687	752	737	761	953	837	871	685	1.035
Pp Oct.	0,1	0,4	0,7	0,7	0,7	0,3	0,8	0,9	1,0	1,0
Pp anual	18,4	18,5	18,6	19,0	18,6	18,6	18,6	18,3	18,2	18,2

Fuente: Elaboración propia.

Según las tendencias térmicas, los mejores rendimientos de quinua se presentan cuando se tienen temperatura mínimas y máximas bajas, condiciones que al parecer le dan al cultivo mayor capacidad de resistencia a escenarios climáticos desfavorables que se pudiesen presentar durante los demás ciclos del cultivo. El gráfico 23 muestra el comportamiento del rendimiento de la quinua simulado y proyectado en relación al comportamiento de las temperaturas mínimas y máximas de la etapa de germinación de la quinua (octubre) – Salinas de Garci Mendoza.

En general, no solo la temperatura es el factor que define el rendimiento del cultivo de quinua; condiciones edafológicas, fenológicas y otros son también factores fuertemente influyentes en la producción, razón por la cual los resultados obtenidos, además de proponer muchas interrogantes, se espera que sean motivo de atención para el inicio de nuevas investigaciones.

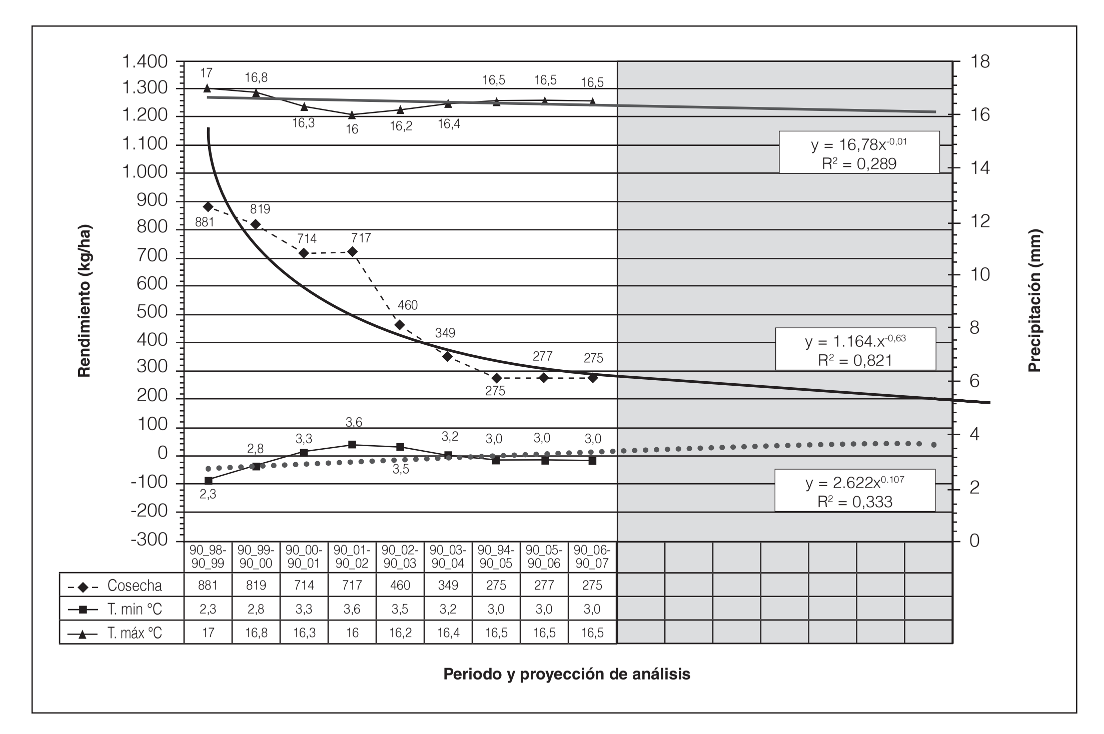
6. Evaluación de la situación social, económica y productiva de las comunidades productoras del área del proyecto

6.1 Datos acerca de la participación en la actividad económica y productiva

Actividad económica en función al grado de importancia familiar

El gráfico 24 muestra los grados de importancia de las actividades económicas productivas en el municipio de Pampa Aullagas. Se ha encontrado que del total de 43 encuestas efectuadas en el municipio, 19 consideran a la crianza de camélidos como una actividad muy importante, 12 la califican como importante. De acuerdo a estas estadísticas, en el municipio de Pampa Aullagas dos actividades económicas productivas son de alta importancia: la ganadería seguida por la producción de la quinua. En los recorridos de campo efectuados por el municipio, se ha podido evidenciar que este cuenta con extensas zonas con vegetación adecuada para la crianza de llamas (*Lama glama*) y otros ganados silvestres como la vicuña (*Vicugna vituta*). Con referencia a las zonas productoras de quinua, se ha evidenciado que estas se concentran en sectores de serranías. Superficies cercanas a las comunidades de Lupiquipa y Bengal Vinto

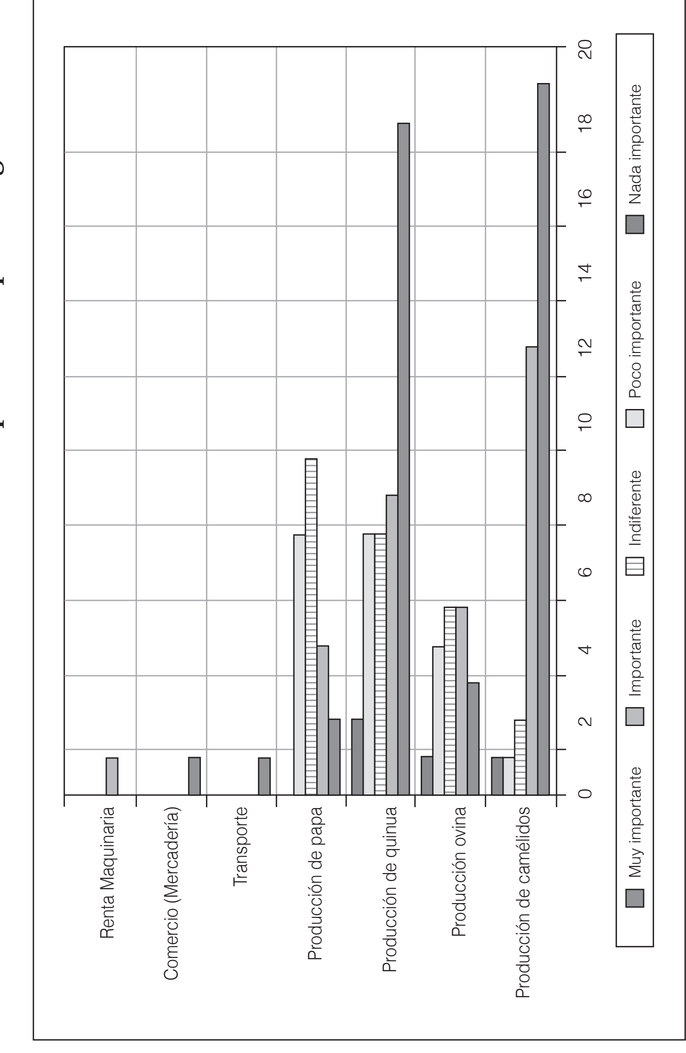
Gráfico 23
Rendimientos de la quinua simulados y proyectados como función de las temperaturas máximas y mínimas registradas en el periodo de germinación (octubre) - Salinas de Garci Mendoza



	90_98-90_99	90_99-90_00	90_00-90_01	90_01-90_02	90_02-90_03	90_03-90_04	90_94-90_05	90_05-90_06	90_06-90_07
Cosecha	881	819	714	717	460	349	275	277	275
T. min °C	2,3	2,8	3,3	3,6	3,5	3,2	3,0	3,0	3,0
T. máx °C	17	16,8	16,3	16	16,2	16,4	16,5	16,5	16,5

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 24
Actividades económicas en el municipio de Pampa Aullagas



Fuente: Elaboración propia.

son las áreas donde mayor superficie de cultivos de quinua se han identificado en el municipio.

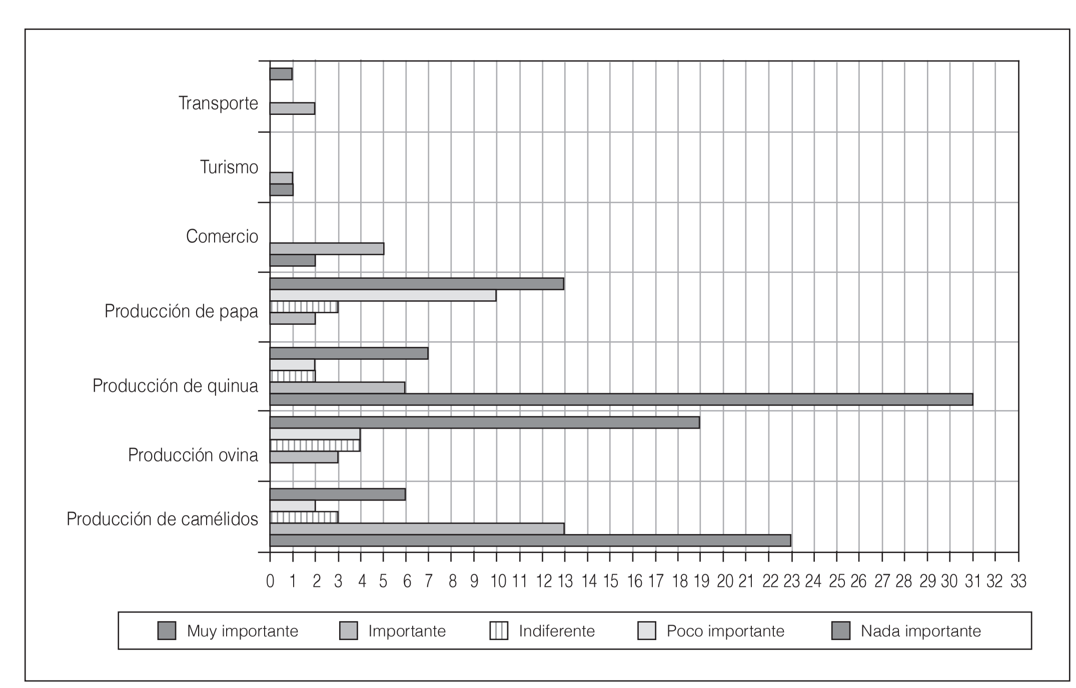
En el municipio de Salinas de Garci Mendoza, de un total de 48 encuestados, 33 sostuvieron que la producción de quinua es una actividad "muy importante"; en tanto que 19 la clasificaron como "importante". De acuerdo a estas estadísticas, en el municipio de Salinas de Garci Mendoza, la principal actividad económica es la producción de quinua, seguida de la ganadería. Según el diagnóstico efectuado en el municipio, la economía de las familias depende exclusivamente de esta actividad agrícola (producción de quinua), y el 100% de los terrenos está destinado a esta actividad. En el gráfico 25 se muestra los grados de importancia de las actividades económicas productivas en el municipio de Salinas de Garci Mendoza.

En general, en la provincia Ladislao Cabrera, si bien la producción de quinua tiene una importancia relevante, la actividad ganadera es otro factor que incide favorablemente en la economía de los pobladores. Según versiones recogidas en el diagnóstico, se ha encontrado que la carne de llama es un subproducto muy apetecido en la gastronomía de la región. Las grandes extensiones de praderas nativas, que son fuente de alimentación para el ganado tanto domesticado como silvestre, favorecen el desarrollo de esta actividad en la zona. El comercio, el transporte y el turismo también son actividades a las que se dedican los pobladores, aunque estas son más estacionarias y de menor importancia. A través del comercio, la producción de quinua y camélida es transportada hasta los mercados situados dentro y fuera de la región. Por su parte, el turismo también es una actividad productiva de interés principalmente por la variedad de sitios que se presentan en el sector, como el Salar de Coipasa y Uyuni, Chullpares, fuentes de aguas naturales, flora y fauna silvestre, sumándose a este otros de gran interés mundial como el cráter y la "Atlántida Perdida".

Financiamiento dirigido a la producción de quinua

El soporte financiero representa un factor fundamental y de gran impacto en las iniciativas o actividades productivas, y que a menudo determina el nivel de producción y la sostenibilidad de un proyecto. En el municipio de Pampa Aullagas, se ha evidenciado la presencia

Gráfico 25
Actividades económicas en el municipio de Salinas de Garci Mendoza



Fuente: Elaboración propia.

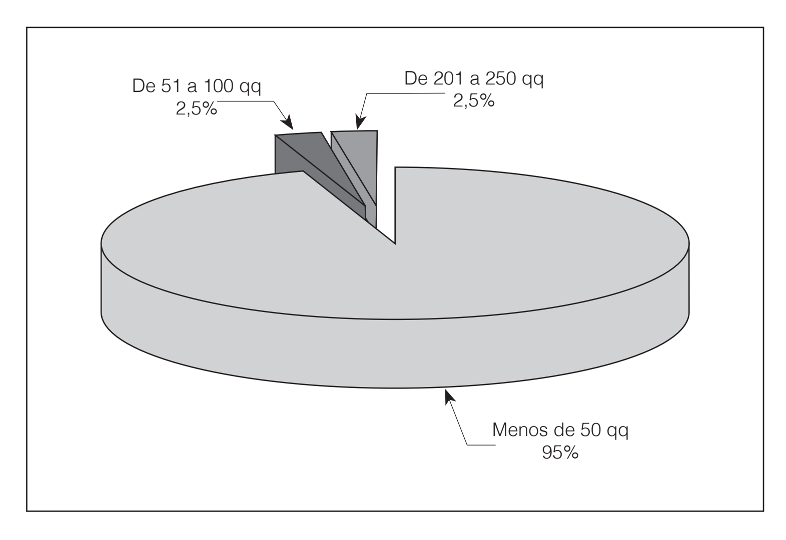
de dos instituciones que fomentan con financiamiento la producción de quinua: Fundación AUTAPO y la Asociación de Productores de Quinua y Camélidos (APQC). Se realizó la consulta a los productores de quinua sobre si reciben finamiento para la producción de quinua; en Pampa Aullagas, 5% indicó que sí; mientras que el 95% afirmó no recibir ningún tipo de financiamiento. En el caso de Salinas de Garci Mendoza, 79% de los encuestados indicaron no recibir ningún tipo de financiamiento, mientras que solo 2% indicó que sí reciben financiamiento para la producción de quinua. Durante el recorrido de campo, se ha evidenciado que "Sartawi" es una de las instituciones que viene apoyando en la asignación de créditos desde hace aproximadamente un año, créditos que no solo van dirigidos a la producción de quinua sino también a la asignación de fondos para el inicio de iniciativas de pequeños microempresarios y ganaderos.

Producción promedio anual del cultivo

En el municipio de Pampa Aullagas, según el diagnóstico, el 95% de los encuestados calcula que posee una producción menor a 50 qq; 2,5% indica tener una producción de 51 a 100 qq y 2,5% calcula que su producción se halla entre los 201 a 250 qq. La siembra de la quinua en el municipio se generaliza en superficies de ½ a una tarea (una tarea equivale a 6.400 m^2) por familia en promedio. Según versiones recogidas por parte de los productores, se ha encontrado que las zonas más apropiadas para la producción de quinua son las áreas de serranías y laderas, ya que en estas el riesgo de heladas es menor y las tasas de precipitaciones son mayores. El gráfico 26 muestra los datos de producción en el municipio de Pampa Aullagas.

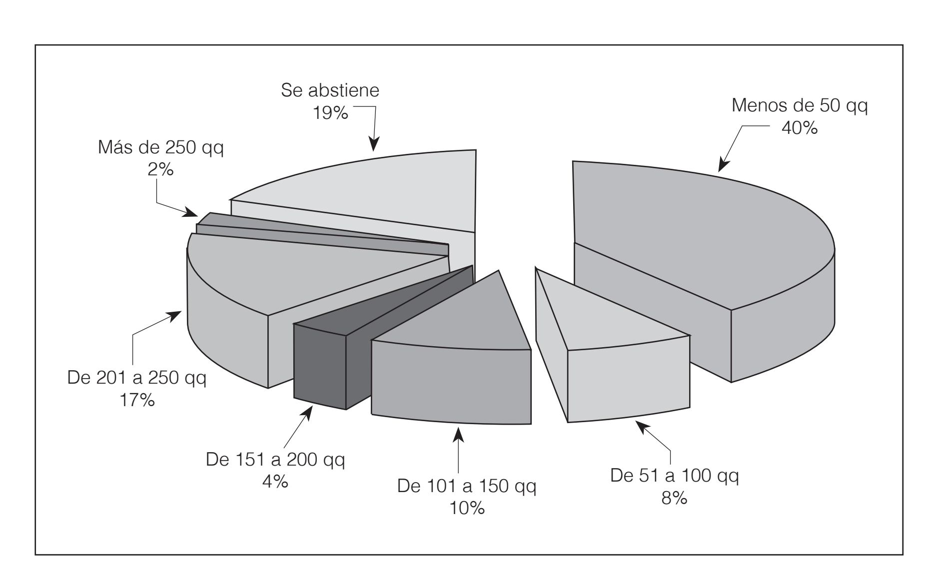
En el caso del municipio de Salinas de Garci Mendoza, del total de 48 encuestados, 40% indicó tener rendimientos menores a los 50 qq. Según versiones recogidas, los factores más incidentes en la producción de quinua son: siembra en pequeñas áreas, falta de maquinaria o mano de obra, factores climáticos adversos y el ataque de plagas, asimismo, indican que si se realizasen labores de campo con ayuda de técnicas mecanizadas y un control efectivo de plagas, se podría llegar a obtener mayores rendimientos. El gráfico 27 muestra los datos de producción recogidos según encuestas en el municipio de Salinas de Garci Mendoza

Gráfico 26
Producción promedio de quinua en Pampa Aullagas



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 27
Producción promedio de quinua en Salinas de Garci Mendoza



Fuente: Elaboración propia.

Superficie destinada a la producción de quinua

Según el diagnóstico recogido en campo, se ha encontrado que en el municipio de Pampa Aullagas, 29% de los productores cultivan quinua en superficies menores a una tarea y 26% cultivan en superficies de 1 a 2 tareas; sin embargo, se ha evidenciado que existen zonas donde las superficies cultivadas están en el orden de las 11 a 20 tareas por familia, e incluso de 31 a 40 tareas. Los sectores con estas características se concentran alrededor de las comunidades de Lupiquipa y Bengal Vinto, esta última caracterizada por la excelente organización de los pobladores, quienes cuentan con certificación como "Productores Orgánicos". El gráfico 28 muestra la relación de superficie que dedican para quinua los productores del municipio de Pampa Aullagas.

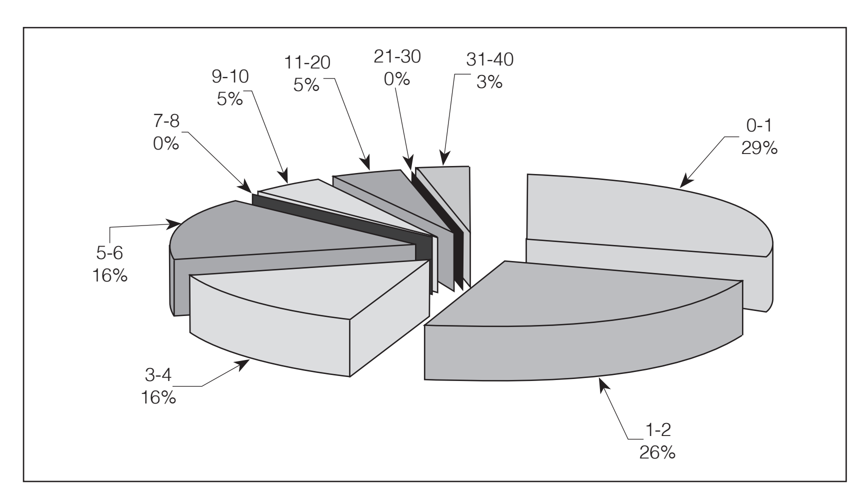
En el municipio de Pampa Aullagas, según el diagnóstico, se ha encontrado que 22% de los encuestados afirman que la superficie destinada a la producción de quinua está entre las 3 a 4 tareas; de ahí que los porcentajes intermedios, como los de 5 a 6; 7 a 8; 9 a 10 y 11 a 20 tareas cuentan con porcentajes de 14%, 13%, 10% y 17%, respectivamente. El gráfico 29 muestra la relación de superficie que dedican para producción de quinua en el municipio de Salinas de Garci Mendoza.

Capacitación durante el proceso de producción de quinua

Según el diagnóstico realizado, se ha encontrado que en el municipio de Pampa Aullagas, el 85% de los productores de quinua indican no recibir ningún tipo de capacitación durante el proceso de producción de quinua, mientras que solo 15% señala que sí recibe capacitación proveniente de instituciones tales como FAUTAPO, APQC y PAUCO.

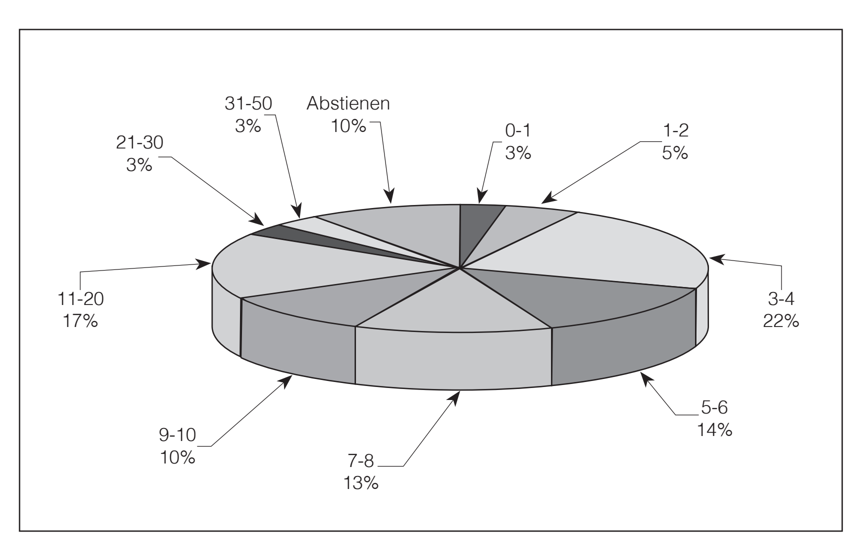
Por otra parte, en el municipio de Salinas de Garci Mendoza, el 75% de los encuestados indica no recibir ningún tipo de capacitación; mientras que solo el 6% de los productores afirma que sí reciben capacitación de algunas organizaciones, como Jatari, FAUTAPO y Sartawi. Los dos primeros centran su apoyo en temas de producción, conservación de suelos, fertilización y control de plagas; mientras que Sartawi fomenta los créditos y micro créditos.

Gráfico 28
Superficie destinada a la producción de quinua - municipio de Pampa Aullagas



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 29
Superficie destinada a la producción de quinua - municipio de Salinas de Garci Mendoza



Fuente: Elaboración propia.

Requerimiento de capacitación y asistencia técnica

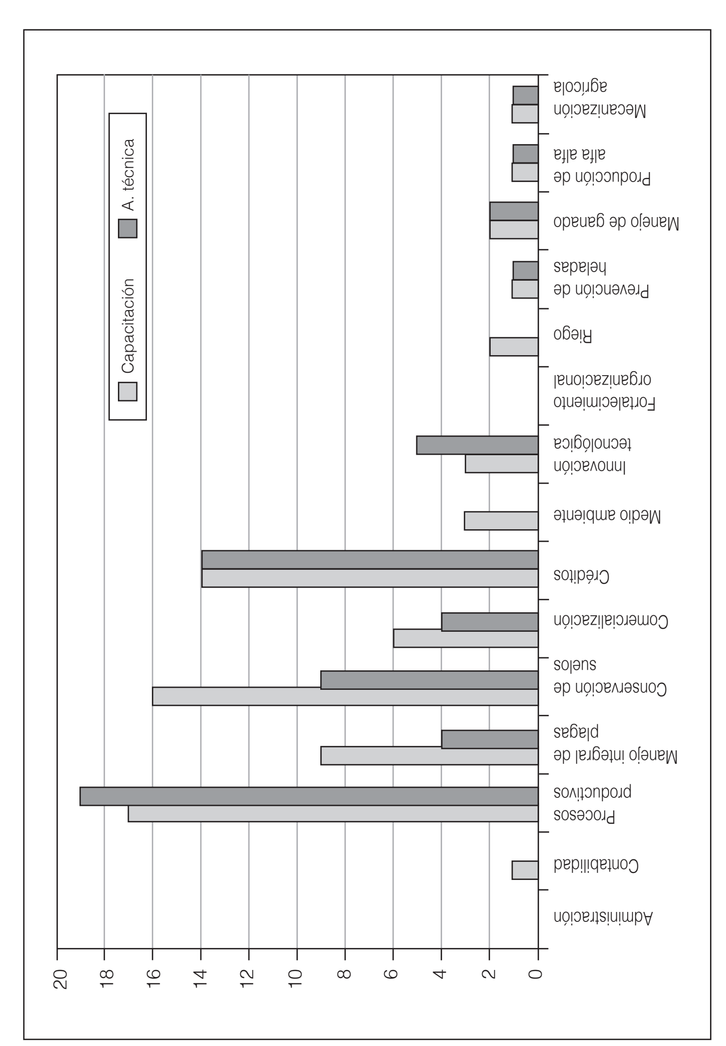
De acuerdo al diagnóstico, se ha encontrado que en el municipio de Pampa Aullagas los productores demandan capacitación y asistencia técnica en áreas de procesos productivos, conservación de suelos y adquisición de créditos. Ello se refleja en la práctica semi- mecanizada de su agricultura, el uso inadecuado del suelo y la carencia de recursos para emprender un nuevo tipo de agricultura que fueron identificados durante el recorrido de campo. El gráfico 30 muestra las demandas en capacitación y asistencia técnica por parte de los productores del municipio de Pampa Aullagas.

En relación al municipio de Salinas de Garci Mendoza, aunque se ha identificado la presencia de instituciones que vienen trabajando apoyando a los productores de quinua desde hace muchos años, aún se vio la necesidad de trabajar priorizando áreas de acción según importancia. En este sentido, del total de encuestados más del 50% demanda recibir capacitación y asistencia técnica en manejo de plagas, tales como el kona kona y el ticonda (que en su fase de larva ocasiona la pérdida del grano de la quinua), debido a que estas actualmente están afectando casi al 98% de la producción de quinua en el municipio. El gráfico 31 muestra las demandas en capacitación y asistencia técnica por parte de los productores del municipio de Salinas de Garci Mendoza.



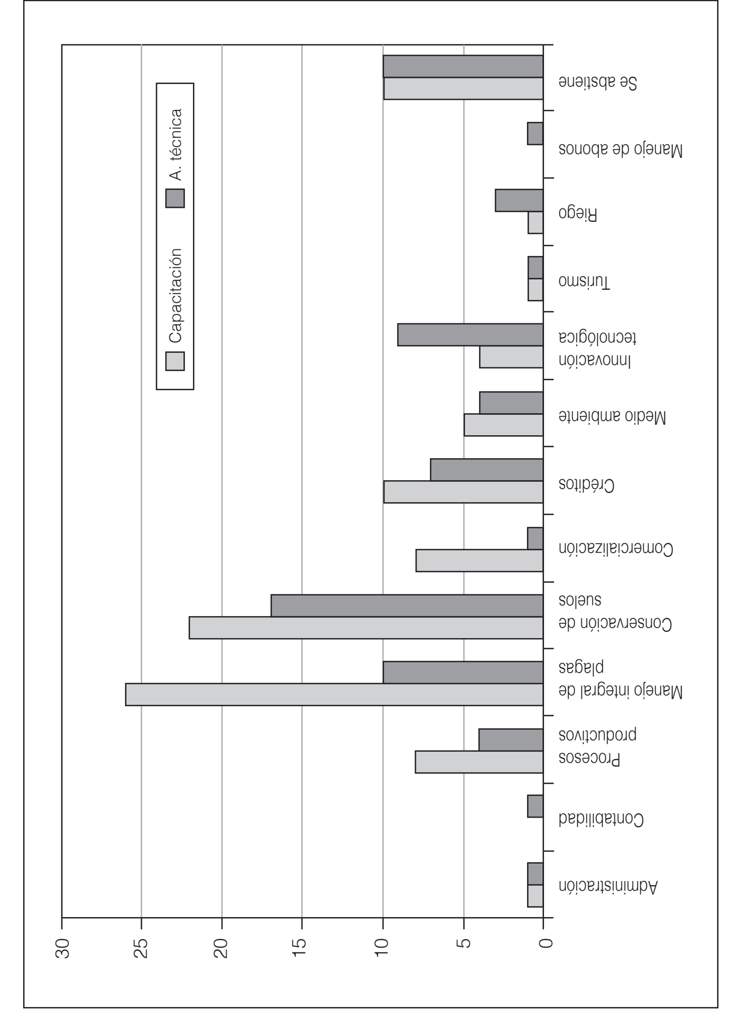
Polillas ovipositando en el área foliar de la quinua *(Lupiquipa-Pampa Aullagas).*
Fotografía: David Cuevas A.

Gráfico 30
Capacitación y asistencia técnica - municipio de Pampa Aullagas



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 31
Capacitación y asistencia técnica - municipio de Salinas de Garci Mendoza



Fuente: Elaboración propia.



Kona Kona en panoja de quinua *(Lupiquipa-Pampa Aullagas).*

Fotografía: David Cuevas A.

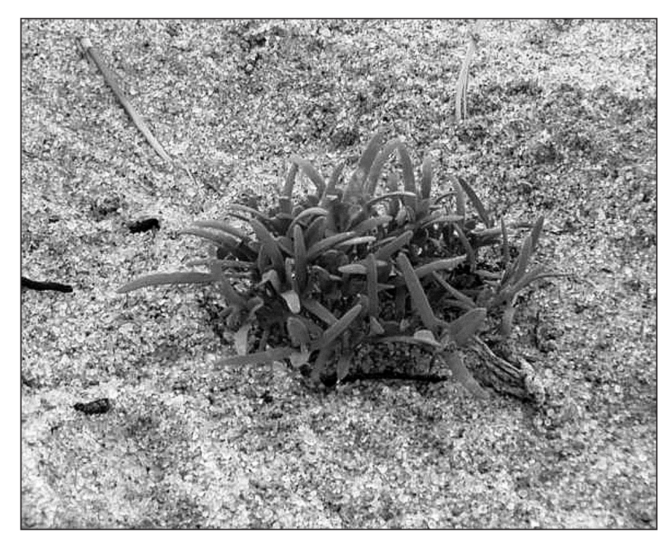


Ticondas en la maduración del grano *(Ucumasi -Salinas de Garci Mendoza).*

Fotografía: Yury A. Castro A.

Por su importancia, también se ha identificado que a nivel de la provincia debería impulsarse un programa intensivo de manejo

y conservación de suelos, orientado a la protección del suelo y del cultivo mismo, mediante barreras vivas, reposición de cobertura vegetal y otros que vayan a mitigar los grandes problemas de erosión y desertificación de suelos que se vienen generando en el sector. Según se ha podido constatar, el viento juega un papel fundamental en la erosión que, además, incide fuertemente en la etapa de elongación y germinación de la planta.



Elongación de la quinua cubierta por efecto del viento con arena *(Est. Pinake-Pampa Aullagas).*

Fotografía: David Cuevas A.

Durante el recorrido de campo, se ha identificado que un método utilizado para el control de plagas, como los gusanos pulverizadores en los granos de quinua, consiste en el uso de feromonas. Según versiones de los productores, este método consiste en adherir ramas de muña en la panoja de los cultivos de quinua por la noche, lo cual ocasiona que las plagas (gusanos) caigan al suelo, de donde son recogidos y finalmente eliminados. Se desconoce el efecto de la muña sobre las plagas, pero se asume que las resinas y su aroma producen dormancia en los insectos.



Ahuyentador eólico *(Chita Chita-Pampa Aullagas).*

Fotografía: David Cuevas A.



Espantapájaros *(Aroma-Salinas de Garci Mendoza).*

Fotografía: Limbert Cáceres L.

6.2 Información respecto a la orientación al mercado

Destino de la producción de quinua

En el municipio de Pampa Aullagas, la comercialización del cultivo de quinua está relacionada directamente con el área del cultivo. Las familias que cultivan entre 1 a 4 tareas usualmente destinan casi el 100% de su producción al autoconsumo; mientras que las familias que cultivan entre 20 a 40 tareas destinan entre el 60% a 80 % de su producción a la venta. El principal centro de comercialización es la feria dominical de Challapata.

En el municipio de Salinas de Garci Mendoza, 21% de los encuestados indica que el 90% de su producción se destina al consumo y el 10% restante a la comercializa en ferias locales o en mercados de las poblaciones aledañas.

Factores a mejorar en la producción de quinua

Según el diagnóstico recogido en el municipio de Pampa Aullagas, los factores que limitan la producción de quinua son:

- El **riego:** Este factor es en realidad la mayor preocupación de los productores, principalmente para los que se encuentran en zonas de planicies, que se caracterizan por tener suelos de textura arenosa a franco arenosa, bajas precipitaciones pluviales y reducidas fuentes de agua. Esta situación es particularmente alarmante en época de estiaje donde incluso escasea agua para el ganado, que debe recorrer extensas distancias para su abastecimiento.
- El **suelo**: Como ya se mencionó anteriormente, los suelos se caracterizan por presentar texturas livianas, haciendo fácil su transporte por corrientes eólicas que, a su vez constituyen otro factor limitante en la germinación de las semillas, ya que estas quedan cubiertas por la arena al momento de su germinación o, en otro caso, quedan descubiertas siendo presa fácil para las aves del lugar. Otros factores como la baja fertilidad de los suelos, producto de la escasa fuente de materia orgánica y aportes de tipo natural como rastrojos de especies nativas y

material parental del suelo, condicionan el hecho de tener bajos rendimientos.

El gráfico 32 muestra los factores adversos incidentes en la producción de quinua recabados en las encuestas en el municipio de Pampa Aullagas.



Bolsas plásticas en panojas de quinua *(Tunupa Vinto-Salinas de Garci Mendoza).*

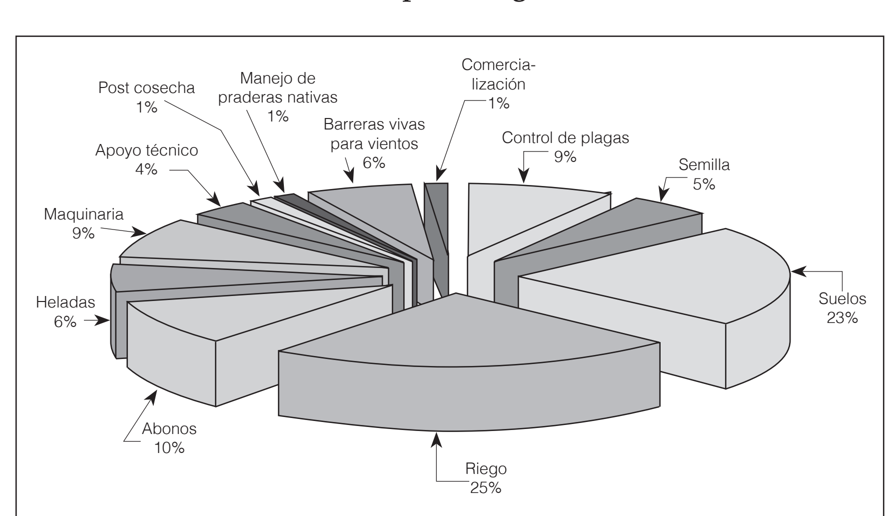
Fotografía: David Cuevas A.



Mojones de alambrado *(Ancoyo-Salinas de Garci Mendoza).*

Fotografía: David Cuevas A.

Gráfico 32
Factores que inciden en la producción de quinua en el municipio de Pampa Aullagas



Fuente: Elaboración propia.

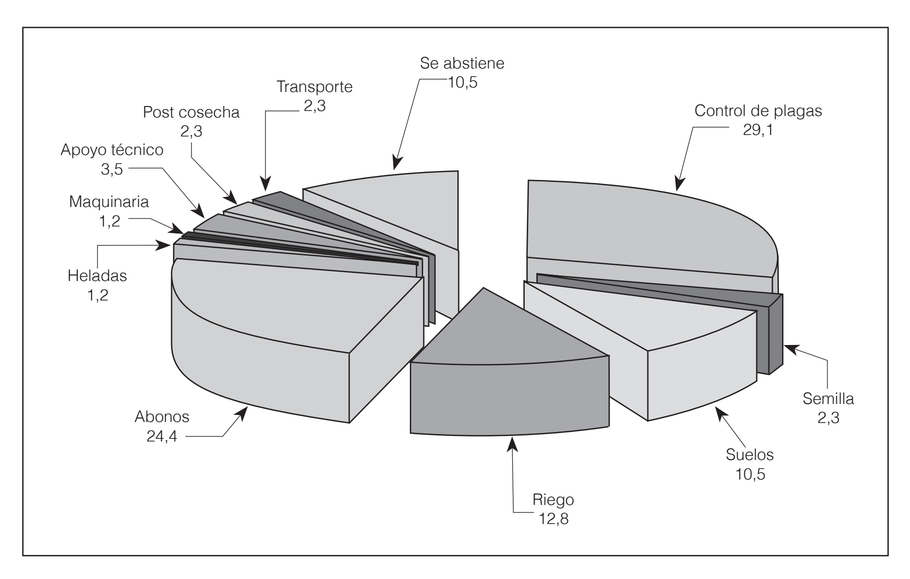
En el municipio de Salinas de Garci Mendoza, el 29,9% de los encuestados concuerda que el factor que se debe mejorar en la producción de quinua es el control de plagas, como el kona kona y el ticonda, pero también indican que la presencia de roedores como el pampa cuy (la liebre de campo) y las aves influye negativamente en los rendimientos, debido a que estos tienden a ingerir los brotes tiernos de quinua al momento de emerger del suelo o a ingerir los granos de quinua al momento de su maduración. El gráfico 33 muestra los factores adversos incidentes en la producción de quinua recabados en las encuestas en el municipio de Salinas de Garci Mendoza.

Continuidad en la producción de quinua

Según el diagnóstico llevado a cabo en el municipio de Pampa Aullagas referente a la continuidad en la producción de quinua, 60% de los encuestados indica que seguirían con la producción de quinua y 16% menciona que probablemente seguirán con la producción de quinua. En el municipio de Salinas de Garci Mendoza, del total de encuestados, 77% están seguros de querer continuar

con la producción de quinua, debido a las virtudes del cultivo y a los ingresos que perciben por la venta del mismo. El gráfico 34 muestra las respuestas recogidas en cuanto a la continuidad en la producción de quinua en el municipio de Papa Aullagas y Salinas de Garci Mendoza.

Gráfico 33
Factores que inciden en la producción de quinua en el municipio de Salinas de Garci Mendoza



Fuente: Elaboración propia.

La quinua y el incremento de la calidad de vida

En el municipio de Pampa Aullagas, el 55% de los encuestados considera que el cultivo de quinua incide en la mejora de su calidad de vida, mientras que el restante 45% indicó que la producción de quinua no genera ningún efecto en su calidad de vida, tal vez porque destinan el 100% de su producción al autoconsumo.

En el municipio de Salinas de Garci Mendoza, 75% de la población encuestada afirma que la producción de quinua ha influido positivamente en su calidad de vida y solo el 4,2% indica que la producción de quinua no ha contribuido positivamente en su calidad

Gráfico 34
Continuidad en la producción de quinua

Municipio de Pampa Aullagas

No, seguro 5%
No, probable 7%
No sabe 12%
Sí, seguro 60%
Sí, probable 16%

Municipio de Salinas de Garci Mendoza

No, probable 2%
No, seguro 0%
No sabe 2%
Se abstiene 17%
Sí, probable 2%
Sí, seguro 77%

Fuente: Elaboración propia.

de vida; esto debido a que aspectos fisiográficos y ambientales hacen que algunas zonas del municipio no presenten condiciones adecuadas para la producción de quinua, sino más bien adecuadas a otras actividades productivas, como la crianza de camélidos o el turismo. Tal es el caso de la comunidad de Lía.

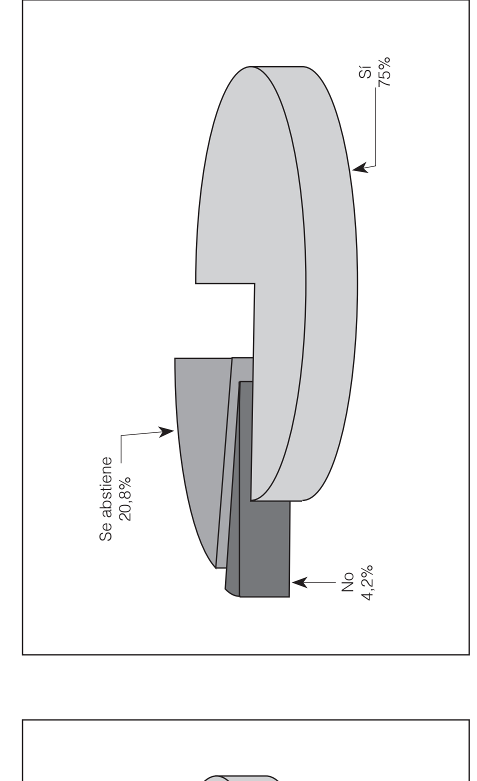
El gráfico 35 muestra los resultados en cuanto a si la producción de quinua incide en el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores en el municipio de Pampa Aullagas y Salinas de Garci Mendoza.

Gráfico 35

Mejora de la calidad de vida por aumento en la producción de quinua

Municipio de Pampa Aullagas

Municipio de Salinas de Garci Mendoza



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

1. Efecto ambiental y máxima superficie probable de expansión de la frontera agrícola

Se ha encontrado que el ritmo de expansión de la frontera agrícola en la provincia Ladislao Cabrera sigue un comportamiento exponencial. Se ha identificado que del año 1992 al año 2000 la superficie destinada a la producción de quinua se expandió de 306 a 876 ha; mientras que del año 2000 al 2004, la expansión fue de 876 ha a 3.132 ha, que es una cifra alarmante, coincidiendo con la demanda del precio de la quinua en el mercado internacional. Para el año 2008, la superficie de quinua alcanzó las 8.929 ha y para el año 2010 esta se incrementó a 17.216 ha.

Con respecto a los pisos altitudinales, se ha encontrado que la mayor expansión se produjo en áreas cuya elevación está por debajo de los 3.725 msnm, denominada como zona de pampa, donde se ha encontrado que la expansión fue de unas 100 ha (1992) a algo más de 10.000 ha (2010). Comportamientos similares se observaron en los demás pisos altitudinales; es así que, en el piso altitudinal de 3.725 a 3.750 msnm, la superficie de quinua se incrementó de unas 20 ha a algo más de 2.300 ha; mientras que en el piso altitudinal de 3.750 a 3.800 msnm, la superficie subió de unas 20 ha a cerca de 4.200 ha en el mismo periodo de análisis.

Con respecto a la pendiente, la mayor expansión se dio en zonas con pendiente menor al 2%, donde se observó que de 1992 a 2010 las superficies de quinua se incrementaron de 100 ha a algo más de 3.100 ha. En las demás áreas también se ha observado

un incremento de nuevas áreas agrícolas. Es así que en zonas con pendiente de 2% a 5%, la expansión fue de 50 ha (1992) a 2.200 ha (2010) aproximadamente; mientras que en la zona con pendiente de 5% a 8%, la expansión fue de 20 ha a algo más de 100 ha, en tanto que en la zona con pendiente de 8% a 16%, la expansión fue de unas 30 ha a 1.000 ha y, finalmente, en las zonas con pendientes de 16% a 30%, la expansión fue de 0 ha a algo más de las 150 ha. El uso de la maquinaria podría haber sido un factor importante para que la expansión se haya dado más en las zonas planas.

Con referencia a los cambios de uso de suelos, se ha encontrado que la unidad más afectada ha sido el arbustal ralo de porte bajo (tholares, añawayas, lampayas y algo de pajonal), en el cual del año 1992 al año 2010 las superficies de quinua se expandieron de unas 100 ha a algo más de 16.000 ha. En las unidades de vegetación del tipo asociación herbazal arbustal ralo bajo también se ha producido la apertura de nuevas áreas productoras de quinua, en donde se ha encontrado que del año 1992 a 2010, las parcelas de quinua se han incrementado de cero a casi 1.000 ha.

De acuerdo a esta dinámica de expansión de la frontera agrícola, se ha identificado que las mejores condiciones tanto fisiográficas como ambientales para la apertura de nuevas zonas agrícolas son: áreas con pendientes menores al 5%, elevaciones menores a los 3.760 msnm y suelos con vegetación de asociación herbazal-arbustal (tholas, añawayas, chiiales, pajonales). En base a estas consideraciones se ha encontrado que la máxima superficie probable con condiciones para producción de quinua en la provincia Ladislao Cabrera es de aproximadamente 78.200 ha. Según el mapa de tipos de cobertura vegetal, las áreas con cobertura vegetal herbazal-arbustal moderada son las zonas con prioridad uno (46.972 ha), seguidas de las áreas con vegetación arbustal-herbazal densa (31.288 ha).

Según el ritmo de expansión de la frontera agrícola para la producción de quinua que se viene presentando en la provincia Ladislao Cabrera, se estaría hablando que en el año 2015 tendríamos una superficie bajo actividad agrícola cercana a las 50.000 ha, de las cuales, según su comportamiento, tendría unas 30.000 ha bajo actividad agrícola y unas 20.000 ha en descanso. No obstante, el término de

descanso en la provincia no produce ningún efecto positivo y más aun cuando estos suelos, luego de ser cultivados, ahora se hallan a expensas de los fuertes vientos que en la zonas están en el orden de los 250 a 300 km/día (mes de marzo). Esta realidad lleva a la propuesta de apropiados sistemas de manejo sostenible de suelos, cambiando el concepto de descanso de suelo en el simple hecho de dejarlo sin cultivar, por el de descanso con reposición de cobertura vegetal, como parte fundamental de un programa de manejo y conservación de suelos.

2. Fertilidad de los suelos

Los suelos de la provincia Ladislao Cabrera se caracterizan por ser suelos de texturas arenosos-francos y arenosos, cuyos pH se clasifican como moderadamente alcalinos y neutros. De acuerdo a su salinidad, son suelos no salinos y ligeramente salinos; en relación a la materia orgánica y el nitrógeno total, ambos se encuentran en niveles muy bajos, mientras que la concentración de fósforo y potasio se encuentran en los niveles de moderado a alto, lo cual es característico de suelos volcánicos. Con relación a la capacidad de intercambio catiónico, estos suelos se consideran como muy bajos a bajos. Estas condiciones hacen que estos suelos tengan una baja disponibilidad de macro y micronutrientes clasificándose como muy bajos en fertilidad, lo cual, lejos de dar respuesta a una serie de interrogantes, despierta aun más preguntas como: ¿Por qué esta área del departamento, pese a tener suelos con baja fertilidad, es una de las zonas con los más altos rendimientos de quinua?, ¿qué otras propiedades son fuertemente influyentes para que se tenga altos rendimientos de quinua en la zonas del proyecto?, ¿qué nutriente en particular es el que define la alta producción de quinua en la provincia Ladislao Cabrera?

3. Condiciones climáticas incidentes en la producción de quinua

Las condiciones fisiográficas ejercen fuerte influencia sobre el comportamiento de las variables climáticas en la zona del proyecto. La estación de Salinas de Garci Mendoza se ubica en un lugar cuyas características fisiográficas están dominadas por serranías y valles, los cuales ejercen fuertes influencias sobre el viento y la

precipitación: sobre el viento disminuyen su velocidad; mientras que sobre las precipitaciones favorecen la formación de nubes. Por otro lado, la estación de San Martín se ubica en una zona de planicie, donde las velocidades del viento son más fuertes, condición que favorece la escasa formación de nubes y, por ende, el retorno de bajas precipitaciones.

Se ha encontrado que en el sector de San Martín, la ETo descendió de 1.731,7 mm a 1.667,6 mm entre el periodo 1990-1998 al periodo 1990-2008, respectivamente, lo cual representa aproximadamente unos 60 mm menos de ETo en el sector; en cambio, para el mismo periodo, la precipitación aumentó de 260,2 mm a 291,7 mm, lo que representa unos 31,7 mm más de agua recibida. El comportamiento de la ETo y la precipitación en la estación de Salinas de Garci Mendoza también fue similar ya que, entre el periodo 1990-1998 a 1990-2008 se observó que la ETo disminuyó de 1.446,4 mm a 1.437,8 mm (10 mm menos); mientras que la precipitación aumentó de 290,9 a 367,3 mm (80 mm más). En general, en ambas estaciones la ETo descendió y la precipitación aumentó, lo cual es favorable para las condiciones áridas del sector, principalmente cuando en él se desarrollan actividades productivas importantes.

Según el comportamiento espacio-temporal de la temperatura media del mes de marzo, se ha encontrado que la mayor superficie de la provincia tiende a exponerse a altas temperaturas. Es así que, entre el periodo 1990-1998 a 1990-2008, la superficie expuesta a temperaturas altas (> 10ºC) subió de 6.650 km^2 a 6.850 km^2; es decir que unos 200 km^2 más de la provincia ahora están expuestos a temperaturas mayores a los 10ºC, en tanto que las superficies expuestas a temperaturas menores a los 4ºC se han reducido de 58 ha a 16 ha en el mismo periodo. Este comportamiento influye directamente en las necesidades hídricas.

Según el comportamiento espacio-temporal de la velocidad del viento, se ha encontrado que: una mayor superficie de la provincia tiende a exponerse a fuertes vientos; es así que entre el periodo 1990-2000 a 1990-2008, aproximadamente unos 258 km^2 más de superficie se han expuesto a velocidades del viento del orden de los 150 a 200 km/d, en tanto que unos 480 km^2 más se han expuesto

a velocidades de 200 a 250 km/d; mientras que una superficie aproximada de 535 km^2 más de superficie se ha expuesto a velocidades del viento del orden de los 250 a 300 km/d. La velocidad del viento dominante en la región es la que se halla en el orden de los 250 a 300 km/d. Según su tendencia espacial, se espera que esta sea la velocidad más común en toda la provincia Ladislao Cabrera.

Según el comportamiento espacio-temporal de la ETo, se ha encontrado que una mayor superficie de la provincia tiende a exponerse a valores de ETo de 4,4 a 4,7 mm/d; es así que, entre el periodo 1990-2000 a 1990-2008, se ha encontrado que, aproximadamente unos 322 km^2 más de superficie se han expuesto a una ETo entre 4,1 a 4,4 mm/d; en tanto que unos 613 km^2 más se han expuesto a ETo de 4,4 a 4,7 mm/d, mientras que las superficies expuestas a rangos de ETo mayores y menores a los mencionados se han mantenido casi constantes o, en su caso, se han ido presentando en superficies más pequeñas. La ETo predominante en la región es la que está en el orden de los 4,4 a 4,7 mm/d. Según su tendencia espacial, se espera que este rango de ETo sea el más común durante el mes de marzo en toda la provincia Ladislao Cabrera. El viento, después de la temperatura, es el factor fuertemente incidente en la ETo.

De manera general, se ha encontrado que la ETo promedio en la estación de Salinas de Garci Mendoza alcanza a unos 1.427,7 mm/año (+-11,23), mientras que en la estación de San Martín la ETo promedio alcanza a 1.707,7 mm/año (+-33,75). Por su parte, la precipitación promedio en la estación de Salinas de Garci Mendoza está alrededor de los 363,4 mm/año (+-26,19); mientras que en la estación de San Martín, la precipitación está alrededor de los 276,8 mm/año (+-8,28). A partir de estos datos se ha encontrado que en el sector de Salinas de Garci Mendoza, la ETo es de 300 mm menos que en sector de San Martín, mientras que la precipitación es de aproximadamente 100 mm más, lo cual provoca que en el sector de San Martín las necesidades hídricas de la quinua [749,3 mm/ciclo (+-18,77)] sean de alrededor de 200 mm más que las necesidades hídricas del sector de Salinas de Garci Mendoza [588,7 mm/ciclo (+-12,9)].

Según los escenarios climáticos proyectados al 2015, se ha encontrado que en el sector de Salinas de Garci Mendoza se ha

presentado una disminución de la precipitación y un aumento de la evapotranspiración. Este comportamiento podría explicar por qué en los últimos años los rendimientos de la quinua han ido disminuyendo y por qué en la región se hace necesaria la implementación de sistemas de riego orientados a la satisfacción de las necesidades hídricas del cultivo. Un comportamiento contrario se ha observado en el sector de San Martín, donde se viene produciendo una disminución de la evapotranspiración potencial y un ligero aumento en la precipitación. Aunque este comportamiento es favorable para los cultivos, los altos índices de evapotranspiración comparados con las reducidas tasas de precipitación son los factores que podrían explicar por qué en la zona se tienen bajos rendimientos de quinua y sean necesarios proyectos de riego.

4. Escenarios del rendimiento de la quinua en diferentes condiciones climáticas

En el sector de San Martín se ha observado que durante los ciclos agrícolas de 2000 a 2003, la disponibilidad de agua en el periodo de germinación de la quinua estuvo en un rango aceptable (6; 6,5; 6,5; 6,5 mm, respectivamente), pero los rendimientos simulados estuvieron entre 687 a 761 kg/ha, siendo estos bajos comparados con otros periodos agrícolas. Este comportamiento sugiere que un estrés hídrico producido en las etapas de crecimiento, floración y maduración hubiese sido la causa para tener bajos rendimientos, pese a que en la germinación se hubiesen presentados buenas condiciones de humedad en el suelo. Un caso contrario se observa durante el ciclo 2004-2005, en el que se reportan 4,7 mm de humedad disponible en el periodo de germinación, en el que el rendimiento simulado alcanzó a 837 kg/ha pese a haber existido un descenso de casi 20 mm de lluvia anual en dicho periodo. Se atribuye este alto rendimiento a la resistencia al estrés hídrico generada por el cultivo durante la etapa de germinación. En el mismo sector (San Martín) se observa que los rendimientos proyectados tienen una tendencia de subir hasta un máximo de unos 1.030 kg/ha, coincidiendo con el rendimiento registrado en el ciclo agrícola 2007-2008.

En el sector de Salinas de Garci Mendoza, el comportamiento del rendimiento de la quinua respecto a la disponibilidad de

agua durante la etapa de germinación y la disponibilidad de agua durante todo su ciclo es similar al observado en el sector de San Martín. Por ejemplo, en el ciclo 1998-1999, se ha encontrado que una baja disponibilidad de humedad en el periodo de germinación (6,9 mm) y una baja disponibilidad de agua registrada en todo su ciclo (338,9 mm) han reportado los más altos rendimientos (881 kg/ha). En el mismo sector (Salinas de Garci Mendoza) se observó que los rendimientos proyectados tienen una tendencia a bajar hasta un máximo de unos 200 kg/ha. Este dato es totalmente preocupante y sugiere que medidas urgentes como cambios en las épocas de siembra deben ser aplicados como medidas de adaptación a las variabilidades climáticas.

Con referencia a la temperatura, el análisis realizado en el AQUACROP revela que si durante la germinación (octubre) se registran temperaturas mínimas, en el orden de 0,1 a 0,3 ºC, es probable que el cultivo presente altos rendimientos. Esto se relaciona directamente con la humedad disponible. Con referencia a las temperaturas máximas, los resultados encontrados muestran que cuanto más bajas son las temperaturas máximas en el mismo periodo de germinación, mayor es la posibilidad de tener rendimientos altos. Según las tendencias térmicas, los mejores rendimientos de quinua se presentan cuando se tienen temperaturas mínimas y máximas bajas, condiciones que al parecer le dan al cultivo una mayor capacidad de resistencia a escenarios climáticos desfavorables que se pudiesen presentar durante los demás ciclos del cultivo.

En general, no solo la temperatura es el factor que define el rendimiento del cultivo de quinua; condiciones edafológicas, fenológicas y otros son también factores fuertemente influyentes en la producción, razón por la cual los resultados obtenidos, además de responder a muchas interrogantes, trae consigo más interrogantes que se sugiere sean motivo de atención para el inicio de nuevas investigaciones.

5. Comportamiento socio-económico de los productores de quinua en la provincia Ladislao Cabrera

En el municipio de Pampa Aullagas, de un total de 43 encuestados, 19 califican a la crianza de camélidos como una actividad muy

importante; mientras que solo 12 la califican como importante. Por otra parte, 18 califican a la quinua como muy importante y 8 como importante. Estas estadísticas hacen notar que el municipio aún tiene tendencia a ser ganadero, lo cual fue corroborado en los recorridos de campo donde se evidenció extensas zonas de pastoreo. En Pampa Aullagas, los sectores que se dedican con más intensidad a la producción de quinua son las poblaciones de Lupiquipa y Bengal Vinto.

En el municipio de Salinas de Garci Mendoza, de 48 encuestados, 33 sostienen que la producción de quinua es una de sus actividades más importantes y 19 la consideran como importante. También se ha encontrado que la mayoría de las familias dependen exclusivamente de esta actividad, para la cual destinan el 100% de sus terrenos. Si bien la quinua ocupa un lugar importante en los ingresos de los productores, la crianza de ganado camélido es otro factor que incide favorablemente en su economía. Es así que del total de encuestados, 23 indicaron que esta actividad es muy importante, mientras que 13 la consideran como importante.

En el municipio de Pampa Aullagas algunas instituciones que fomentan la producción de quinua son: Fundación AUTAPO y la Asociación de Productores de Quinua y Camélidos (APQC). Entre las actividades principales que desarrollan está el fomento del uso de fertilizantes de origen orgánico con abonos de la ganadería del sector. En tanto que en el municipio de Salinas de Garci Mendoza, pese a la importancia económica de la producción de quinua, se pudo evidenciar que, en la mayoría de los casos, el municipio no cuenta con entidades financiadoras que impulsen la producción de la quinua.

El cultivo de la quinua en el municipio de Pampa Aullagas se caracteriza por ser semi-mecanizada. Los productores en general siembran de ½ a una tarea (una tarea = 6.400 m^2) por familia en promedio; 95% considera tener una producción menor a 50 qq, 2,5% indican tener una producción de 51 a 100 qq y 2,5% consideran que su producción está entre los 201 a 250 qq. En el municipio de Salinas de Garci Mendoza, del total de 48 encuestados, 40% indica tener un rendimiento menor a los 50 qq, estando sujeto esto a diversos factores tales como: la siembra en pequeñas áreas de terreno, falta de maquinaria o mano de obra, factores climáticos y el ataque de plagas.

Según la información recogida, en el municipio de Pampa Aullagas se ha encontrado que un 29% de los pobladores cultivan hasta una tarea, seguidos de los que cultivan entre una a 2 tareas con 26%. En el municipio de Salinas de Garci Mendoza, 22% de los encuestados afirman que la superficie que se destina a la producción de quinua está entre 3 a 4 tareas, de ahí que los porcentajes intermedios, como los de 5 a 6; 7 a 8; 9 a 10 y 11 a 20 tareas, cuentan con porcentajes de 14%, 13%, 10%, 17%, respectivamente.

Con respecto a la capacitación, se ha encontrado que en el municipio de Pampa Aullagas, 85% de los productores indicó no recibir ningún tipo de capacitación durante el proceso de producción y solo 15% indicó que sí reciben capacitación. En el municipio de Salinas de Garci Mendoza, 75% de los encuestados indican no recibir ningún tipo de capacitación, 6% afirman que sí reciben capacitación de algún tipo, el cual viene de organizaciones como Jatari, FAUTAPO y Sartawi, siendo las dos primeras las instituciones que se enmarcan en las líneas de producción y en temas de fertilización orgánica de suelos.

En el municipio de Pampa Aullagas existe una práctica semimecanizada de la agricultura, uso inadecuado del factor suelo y carencia de recursos para emprender un nuevo tipo de agricultura. Por este motivo, los pobladores demandan capacitación y asistencia técnica en áreas de procesos productivos, conservación de suelos y adquisición de créditos. Asimismo, solicitan asistencia técnica en todo el proceso de producción de quinua, como en la selección de las variedades resistentes a plagas e inclemencias climáticas, uso y manejo de suelo, riego y disminución de riesgos ante factores adversos orientada a la prevención de heladas y uso de barreras vivas. Por su parte, en el municipio de Salinas de Garci Mendoza, se ha identificado que, aunque se cuenta con el apoyo de instituciones que vienen trabajando desde hace muchos años, aún es necesaria la priorización de áreas de trabajo. Del total de encuestados, 26 sostienen que se debería fomentar la capacitación en el manejo de plagas tales como el kona kona y el ticonda (que en su fase de larva ocasiona la pérdida del grano de la quinua), debido a que estas afectan casi al 98% de la producción en el municipio.

Con referencia al destino de la producción, se ha encontrado que esta se relaciona con el área del cultivo; las familias que solo cultivan de 1 a 4 tareas destinan la producción al autoconsumo; las familias que cultivan entre 20 a 40 tareas destinan 60% a 80 % de su producción a la venta. La venta del excedente se efectúa en un 100% en la feria dominical de Challapata, hecho que se sostiene gracias a las vías de comunicación entre ambas poblaciones. En el municipio de Salinas de Garci Mendoza, se ha encontrado que del total de encuestados, 21% indicó que el 90% de su producción es destinado al consumo y el 10% restante lo venden en ferias locales o mercados de las poblaciones aledañas

Según los pobladores de los ayllus de la provincia Ladislao Cabrera, los factores que limitan la producción de quinua son:

– El **riego**: constituye la mayor preocupación de los pobladores de la región, siendo el área más afectada la planicie de la provincia, ya que se caracteriza por tener suelos que van de textura arenosa a franco arenosa. A esto se suman las bajas precipitaciones pluviales y el reducido número de fuentes de agua, lo cual significa un factor alarmante en época de estiaje para el ganado, que debe de recorrer extensas distancias para el abastecimiento.
– El **suelo**: como ya se mencionó anteriormente, los suelos se caracterizan por presentar texturas livianas, haciendo fácil su transporte por corrientes eólicas que, a su vez, constituyen otro factor limitante en la germinación de las semillas. Después de los vientos fuertes, las semillas quedan cubiertas por la arena al momento de su germinación o libres, volviéndose presa fácil para las aves. A esto se suman los inadecuados métodos de manejo de suelos y la escasa reposición de materia orgánica y otros tipos de abonos.

Con referencia a la continuidad en la producción de quinua, en el municipio de Pampa Aulagas, 60% de los encuestados manifiesta su voluntad de seguir con la producción de quinua y 16% indica que probablemente seguirán con la producción de quinua. En el municipio de Salinas de Garci Mendoza, por otro lado, 77% asegura que continuará con la producción de quinua.

Con respecto a la calidad de vida, 55% de los productores del municipio de Pampa Aullagas considera que el cultivo de quinua incide en la mejora de su calidad de vida. En el municipio de Salinas de Garci Mendoza, el 75% de la población afirma que la producción de quinua ha influido positivamente de alguna manera en su calidad de vida, mientras que 4,2% indica que la producción de quinua no ha colaborado positivamente en su calidad de vida, siendo sus actividades prioritarias otras como la cría de ganado o el turismo.

Segunda parte
Propuestas de intervención

CAPÍTULO I

Reposición y conservación de praderas nativas

1. Antecedentes

El auge de la quinua en los mercados internacionales ha provocado que se produzca un incremento en sus exportaciones de aproximadamente 580 mil dólares a más de 2,4 millones anuales (Estudio de suelos del área productora de quinua, 2008). Esto se ha constituido en una alternativa para mejorar la calidad de vida de los pobladores. No obstante, la lógica del sistema actual de producción que responde a la demanda externa en expansión está conllevando numerosas repercusiones en el territorio, como el aumento de la superficie cultivada de manera descontrolada, la presión por los recursos naturales, la disminución de las tierras en descanso, el cambio espacial del cultivo hacia la pampa, la disminución de mano de obra para la producción y la marginalización de actividades ganaderas que diversifican la economía y aportan a la fertilidad de suelos (Jaldín, 2010). Esto ocasiona una aceleración de los procesos de desertificación de suelos que se ven favorecidos por los cambios en las condiciones climatológicas (sequías, heladas, vientos), ocasionando la pérdida de la capacidad productiva de los suelos.

A nivel de la provincia, el sistema de vida de las familias está marcado por actividades agropecuarias a través del aprovechamiento de recursos naturales que, en muchos casos, genera diferentes grados de deterioro y degradación ambiental. Los diferentes grados de deterioro y degradación que se presentan en la provincia son principalmente por efecto de la acción del hombre (quema de praderas nativas, tala de vegetación arbustiva, agricultura en pendientes, producción extensiva, expansión agrícola, sobrepastoreo, etc.), así

como por fenómenos provocados por la misma naturaleza, producto de los cambios climáticos que se vienen suscitando en los últimos años (lluvias extremas, granizadas, vientos, deslizamientos, etc.).

Si bien es imposible controlar el clima, sí es posible plantear alternativas para mitigar su efecto o, en su caso, generar mecanismos de adaptación orientados al desarrollo e impuso de una agricultura sostenible, fortaleciendo o apoyando otras actividades productivas como la actividad ganadera y la reposición de cobertura vegetal en la provincia.

Las praderas nativas, además de ser muy importantes en la producción pecuaria, también cumplen una función importante en los ecosistemas alto andinos (protección y mejora de las condiciones físico-químicas del suelo, retención de agua, protección a la fauna silvestre y otros), contribuyendo de manera general a la protección de los suelos, además de constituirse en la única fuente potencial de alimentos para el ganado. En el estudio realizado sobre imágenes satélite Landsat 5-TM y validados en campo mediante levantamientos de datos GPS, se ha encontrado que del año 1992 a 2010, las superficies de quinua se han incrementado de 306 ha a 17.216 ha, respectivamente. La mayor expansión se produjo en el periodo 2000 a 2004, coincidiendo con el auge de la quinua en el mercado internacional.

Estos resultados son preocupantes debido a que, si se sigue con este ritmo de expansión, se estaría hablando —como ya se mencionó anteriormente— de que en el año 2015, existirían alrededor de 50.000 ha de tierras en actividad agrícola: 30.000 ha estarían bajo actividad agrícola como tal y 20.000 ha en descanso. Lo preocupante del caso es que esta última superficie queda simplemente sin cultivar y sin protección natural, a expensas de los fuertes vientos de la zona. En este sentido, el proyecto tiene como justificación la ejecución de diferentes prácticas de manejo y conservación de suelos mediante la recuperación de praderas nativas, a través de la cual se pueda reponer la cobertura vegetal, estabilizar ecosistemas en procesos de degradación y devolver la capacidad productiva a los suelos de la provincia Ladislao Cabrera. También se acompaña con una propuesta para un estudio de mercado para comunidades que aún no están organizadas.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Reponer la cobertura vegetal de los suelos en descanso y que actualmente se encuentran propensos a la desertificación, así como conservar praderas nativas para incrementar el forraje, producir abono y devolver al suelo su capacidad productiva, todo ello orientado a la mejora de la calidad de vida de los pobladores de la provincia Ladislao Cabrera.

2.2 Objetivos específicos

- Desarrollar prácticas mejoradas de manejo de suelos y repoblamiento de praderas nativas en comunidades de la provincia Ladislao Cabrera.
- Capacitar a socios beneficiarios en prácticas de manejo y conservación de suelos, prácticas de repoblamiento de cobertura vegetal, conservación de praderas nativas y uso de maquinaria agrícola.
- Realizar prácticas de cosecha y siembra de semillas nativas, así como el transplante de especies forrajeras.
- Apoyar al productor en la elaboración de un plan de manejo sostenible de suelos y de las praderas nativas.
- Promover un plan de Desarrollo Económico Local (DEL) a través del fortalecimiento de capacidades y la inclusión de éstas en los POA y PDM de los gobiernos municipales.
- Acompañar a la propuesta con un estudio de mercado para la comercialización de quinua.

3. Resultados esperados

- Reponer la cobertura vegetal de 630 ha de suelos en proceso de desertificación en un periodo de 2 años.
- Capacitar a 630 socios beneficiarios en prácticas de recuperación, manejo y conservación de praderas nativas, prácticas de manejo y conservación de suelos y tracción agrícola.

- Devolver la capacidad productiva de suelos, mediante la incorporación de abonos verdes y estiércol de ganado.

4. Metodología de la propuesta

La ejecución del proyecto se iniciará con la forma de compromisos con las comunidades y los socios beneficiarios, con quienes se definirá la ubicación de las áreas para reposición de cobertura vegetal y conservación de praderas nativas a través de los siguientes criterios: suelos con escasa presencia de pastos nativos, suelos erosionados o en proceso de degradación, suelos en descanso. Posteriormente se realizará una evaluación de la situación actual de las praderas nativas. Para tal efecto, se hará una delimitación y cuantificación de las mismas, luego estas serán evaluadas mediante la producción de materia seca (MS).

Simultáneamente se excavarán zanjas de infiltración para recuperar y conservar praderas nativas. Estas zanjas tendrán un borde superior de alrededor de 40-50 cm, un ancho de la base de 30-40 cm y una profundidad de 20-50 cm. El largo variará de 10 a 20 m. Para mantener la biodiversidad, se cosecharán y recolectarán semillas nativas que sean palatables y nutritivas para el ganado camélido y que además se adapten a los suelos y condiciones climáticas del área. En el proyecto también se realizará un abonado de suelos con estiércol camélido, ovino y bovino. El socio beneficiario debe acopiar una tn/ha de abono, luego trasladarlo y finalmente asperjarlo en los suelos donde se recuperarán y conservarán las praderas nativas. Para la siembra de las praderas en la primera temporada, el proyecto proveerá la semilla (pasto llorón y cebadilla). Para la segunda temporada, se utilizará la semilla cosechada de la primera temporada más las semillas nativas recolectadas de los ahijaderos (terrenos de producción de semilla nativa).

El proyecto también contempla un plan de manejo de praderas nativas, mediante el cual se realizará una evaluación del estado de las praderas al inicio y al final del proyecto. En la evaluación se determinarán las características de la vegetación, producción de materia seca y la capacidad de carga animal. También se contempla la producción de forraje introducido, con el objetivo de complementar

la dieta nutricional del ganado en periodos críticos (agosto, septiembre, octubre y noviembre). Las especies para este efecto serán: cebada (*Hordeum vulgare*), avena (*Avena sp.*) y el triticale (*triticale sp.*), debido a que estas muestran mejores rendimientos y adaptabilidad a condiciones del altiplano. Se sembrarán 2.400 m^2 de forraje, 800 m^2 de cada uno. La cantidad de semilla de avena, triticale y cebada será de 7 y 8 kg, respectivamente.

Para que los socios beneficiarios trabajen y se apropien del proyecto y que estos lo adopten como suyo, un programa de capacitación y extensión agrícola será implementado en toda la fase de ejecución del proyecto. En este sentido, se realizarán: visitas familiares, asistencia técnica y planificaciones de trabajo comunales y cursillo de capacitación. Para tal efecto, se prevé contar un extensionista y un coordinador. Así también se acompaña de un estudio de mercado.

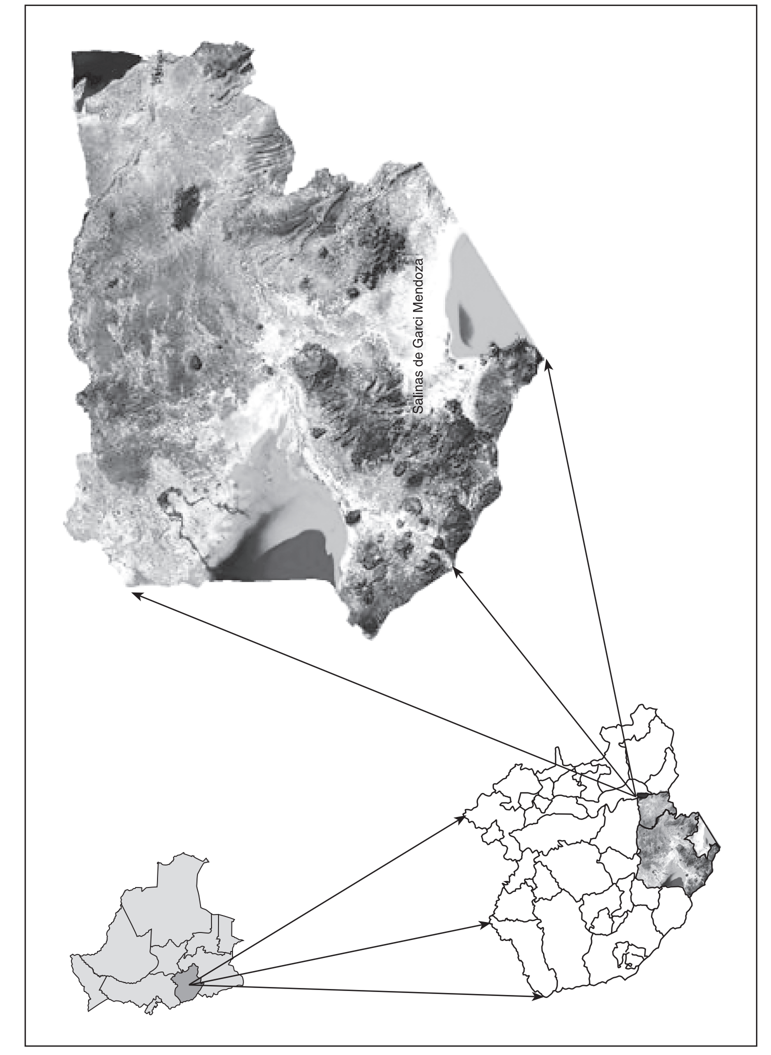
5. Localización

El proyecto se localiza en el departamento de Oruro, abarca toda el área de la provincia Ladislao Cabrera y contempla a dos municipios; Salinas de Garci Mendoza y Pampa Aullagas. El mapa 16 muestra la ubicación geográfica del área de intervención del proyecto.

6. Beneficiarios

En total en la provincia se cuenta con 58 comunidades (320 familias = 1.602 habitantes) en Pampa Aullagas y 134 comunidades (2.813 familias = 8.723 habitantes) en Salinas de Garci Mendoza. Los cuadros 25 y 26 muestran la distribución de familias en el municipio de Salinas de Garci Mendoza y Pampa Aullagas.

Mapa 16
Ubicación geográfica del área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 25
Número de familias por cantones en el municipio de Salinas de Garci Mendoza

Distrito	Cantón	Nº Comunidades	Nº Familias
No tiene	Aroma	17	273
	Villa Esperanza	7	112
Puqui	Puqui	18	--
No tiene	Salinas	39	1.179
	Jirita	17	350
Ucumasi	Ucumasi	20	510
Challadota	Challadota	5	146
	San Martín	12	168
	Concepción de Belén	2	75
Total		**139**	**2.813**

Fuente: PDM del municipio de Salinas de Garci Mendoza, 2002.

Cuadro 26
Número de familias por cantones en el municipio de Pampa Aullagas

Cantón	Nº Comunidades	Nº Familias
Pampa Aullagas	18	242
Ichalula	3	34
Bengal Vinto	4	44
Total	**25**	**320**

Fuente: PDM del municipio de Pampa Aullagas, 2002.

Debido a la magnitud de la zona de intervención y la residencia permanente de los socios beneficiarios, el proyecto pretende llegar al 23% de las familias más afectadas de los municipios de Salinas de Garci Mendoza y Pampa Aullagas, es así que el grupo meta alcanza a 630 familias y/o socios beneficiarios.

7. Viabilidad de la propuesta

7.1 Viabilidad técnica

En la provincia Ladislao Cabrera se está produciendo una alarmante expansión de la frontera agrícola, cuyas consecuencias son una ampliación de nuevas zonas agrícolas y una marginalización de otras actividades productivas (camélidos, artesanía, forestación y otros). El estudio realizado sobre imágenes satélite Landsat 5 y validadas en campo mediante levantamientos de datos GPS revela que del año 1992 a 2010, las superficies de quinua se han incrementado de 302 ha a 17.216 ha, respectivamente. La mayor expansión se produjo en el periodo 2000 a 2004, coincidiendo con el auge de la quinua en el mercado internacional. La expansión de la frontera agrícola sigue una tendencia exponencial y, de continuar con este ritmo, se estima que en el año 2015 en la provincia existirá una superficie bajo actividad agrícola cercana a las 50.000 ha. De esta superficie total, unas 30.000 ha estarían bajo actividad agrícola y unas 20.000 ha en descanso. Como ya se mencionó, lo que se conoce como descanso en esta zona simplemente se limita a dejar las tierras sin cultivar, a expensas de los fuertes vientos y descubiertas de cobertura vegetal. Es por este motivo que la propuesta tiene como fin técnico la ejecución de diferentes prácticas de manejo, conservación de suelos y recuperación de praderas nativas, a través de las cuales se pueda realizar la reposición de la cobertura vegetal, estabilizar ecosistemas en procesos de degradación y devolver la capacidad productiva a los suelos de la provincia Ladislao Cabrera principalmente a los sectores más afectados, como son las comunidades de Aroma, Lupiquipa, Ucumasi y San Martín.

7.2 Viabilidad económica

La propuesta del proyecto "Reposición de cobertura vegetal y conservación de praderas nativas como estrategia de adaptación al cambio climático" asciende a una inversión de 4.354.100 Bs. (615.855,73 $us). Esta propuesta contempla una fuerte contraparte por parte de los socios beneficiarios en materiales locales "Semillas Nativas" y mano de obra no calificada, la cual asciende a 1.902.600 Bs. (269.108,91 $us), lo cual corresponde al 43,70% del total de la

inversión requerida; mientras que el financiamiento solicitado asciende a 2.451.500 Bs. (346.746,82 $us), que corresponde al 56,30% del total de la inversión. El presupuesto solicitado, comparado con el efecto benéfico que se lograría con la ejecución del proyecto, además de causar un efecto benéfico en suelos, permitirá generar forraje para el ganado. Ello asegurará una producción ganadera necesaria para la generación de abono, siendo este una fuente muy importante de materia orgánica para la reposición de la capacidad productiva de los suelos y, por ende, el mejoramiento de los rendimientos de quinua en la provincia Ladislao Cabrera. Esta es la base de la viabilidad económica del proyecto.

7.3 Viabilidad social

La zona de intervención del proyecto está conformada por dos municipios: Salinas de Garci Mendoza y Pampa Aullagas. Dentro de su espacio físico natural, se encontró que en Pampa Aullagas están asentadas 58 comunidades (320 familias que equivalen a 1.602 habitantes), y 134 comunidades (2.813 familias que equivalen a 8.723 habitantes) en Salinas de Garci Mendoza. Según el diagnóstico efectuado, el municipio de Pampa Aullagas tiene una tendencia a ser más ganadera; mientras que el municipio de Salinas de Garci Mendoza se muestra como totalmente productora de quinua. En ambos municipio se tiene una fuerte migración temporal, aunque es más evidente en Salinas de Garci Mendoza que en Pampa Aullagas. Esta situación provoca que los productores solo estén en sus comunidades en época de siembra, en el intermedio y en época de cosecha, dejando el resto del tiempo sus cultivos a cuidadores renumerados económicamente. El proyecto pretende llegar al 23% de las familias más afectadas de los municipios de Salinas de Garci Mendoza y Pampa Aullagas, alcanzando un grupo meta de 630 familias, que es un número suficiente para el alcance de los impactos que persigue el proyecto.

7.4 Viabilidad ambiental

Ambientalmente no se espera frenar la expansión de la frontera agrícola, debido a que la quinua se ha convertido en una alternativa interesante para el mejoramiento de la calidad de vida de los productores en la provincia Ladislao Cabrera. También es cierto que la

fuerte expansión de la frontera agrícola que se viene presentado en la zona está trayendo consigo cambios de uso de suelos de zonas de arbustal-hebazal moderado y denso a zonas agrícolas, que después de uno o dos años se ponen en descanso, pero sin prácticas de conservación de suelos, sino más bien que se dejan a la intemperie esperando que por sí solos recuperen su capacidad productiva sin considerar que ahora están más expuestos a los fuertes vientos, lo cual favorece el proceso de erosión eólica y la consiguiente desertificación. A todo ello se suman, además, las malas prácticas de uso de maquinaria agrícola. Estas consideraciones sustentan la viabilidad ambiental de la propuesta del proyecto, con el que se espera reponer la cobertura vegetal de suelos principalmente en descanso, proveer forraje para el ganado y devolver la capacidad productiva de unas 630 ha de suelos a través de la incorporación de abonos verdes y estiércol, siendo estas las fuentes más importantes de materia orgánica en la provincia.

8. Aplicabilidad de la propuesta

8.1 Consideraciones básicas

El manejo eficiente de los recursos naturales puede considerarse como un proyecto a mediano y largo plazo con impacto positivo en el medio ambiente, ya que incentiva y promueve el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Además, promociona la recuperación de técnicas ancestrales de captación de aguas de lluvia y recuperación de pastos nativos como elementos vitales para una mayor productividad de los suelos. Esto tiene una incidencia potencial sobre la producción ganadera camélida, ya que, en la mayoría de los casos, la pradera nativa es la única fuente de alimentación de los animales.

La asistencia técnica para la producción pecuaria pondrá especial énfasis en prácticas acordes con la conservación del medio ambiente y favorecerá acciones que tengan el efecto de mejoramiento y recuperación de las condiciones de equilibrio medioambientales, utilizando las praderas nativas y así poder promover sistemas de pastoreo acordes con el potencial de estas para soportar una carga animal adecuada. El proyecto, junto a los beneficiarios, desarrollará

acciones dirigidas a la recuperación y manejo de los suelos, que consisten en prácticas mecánicas probadas en las zonas del altiplano y que además permiten la recuperación de la productividad de los suelos erosionados o que están en procesos de degradación. Para este fin se tiene planificadas las siguientes actividades:

8.2 Identificación de las áreas de intervención

Priorización de las comunidades de intervención

El proyecto prevé la realización de talleres de socialización y la firma de compromisos de las comunidades potenciales que, además de presentar problemas ambientales, también tengan la predisposición para la ejecución del proyecto. Para el efecto, se presentarán los mapas que muestran el estado actual de las praderas y de su potencial, así como los mapas que muestran el estado actual de la capacidad productiva de los suelos. Una lista de socios beneficiarios se levantará en los talleres de socialización del proyecto.

Ubicación de las praderas nativas

Los criterios para la ubicación de las praderas nativas responden a los resultados de un estudio preliminar y/o investigación. Para el efecto se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Suelos con escasa presencia de pastos nativos.
- Suelos erosionados o en proceso de degradación.
- Pendiente de la superficie del terreno.
- Capacidad de infiltración del suelo.
- Profundidad de la capa arable.
- Tipo de pastos presentes en la superficie de los suelos.

Evaluación de la situación actual de las praderas nativas

La evaluación actual de las praderas nativas se basará de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Delimitación de la pradera nativa.
- Cuantificación de las características de la vegetación inicial (por método transecto).
- Elaboración de un mapeo de asociaciones vegetativas (tholar, gramadal, pajonal, bofedal, ch´illiwar, etc.).
- Determinación del rendimiento de la materia seca en la pradera nativa. La siguiente relación se utiliza para determinar la capacidad de carga animal en las praderas nativas (unidad animal/hectárea):
    - Producción de materia seca (MS) por hectárea.

$$\% \text{ MS} = (\text{MS}/\text{MV}) \times 100$$

MS = peso de la muestra de forraje seca (kg)

MV = peso de la muestra de forraje verde (kg)

    - Cantidad de materia seca requerida para alimentar a una unidad animal durante un año (MS/UA/año). El cuadro 27 muestra el consumo de Materia Seca (MS) por categoría en el ganado camélido:

Cuadro 27
Consumo de materia seca (MS) en diferentes categorías de llamas

Categoría de llamas	Consumo de MS en un año MS/UA/año(kg)
Hembra con cría	700
Hembras vacías y capones	500
Machos (padres)	700
Cría destetada (7meses)	500
Ancutas (macho, hembra)	700

Fuente: Manual práctico de manejo de llamas (FAO, 1986).

8.3 Zanjas de infiltración

Las zanjas de infiltración es una técnica para recuperar y conservar praderas nativas. Son pequeños canales de sección rectangular o trapezoidal, generalmente asimétricos, que se construyen transversalmente a la máxima pendiente del terreno y se emplazan siguiendo las

curvas de nivel. Esta práctica permite preservar las praderas nativas, controlar el escurrimiento superficial del agua y, fundamentalmente, hacer un aprovechamiento óptimo del agua de lluvia. Su propósito principal es acumular agua de escurrimiento pluvial y facilitar su infiltración, evitando y/o controlando la erosión hídrica además de incrementar la humedad en la parte baja de la zanja.

Implementación de zanjas de infiltración

La implementación de zanjas de infiltración responde a ciertos criterios técnicos que el socio beneficiario junto al responsable del proyecto debe identificar. En ese sentido, es prioritario identificar terrenos secos con poca cobertura vegetal y con pendiente de leve a alta, lo cual además define la distancia que debe haber entre zanjas, según se muestra en el cuadro 28.

Cuadro 28
Categorización de la pendiente y distancia entre zanjas

Tipo	Pendiente	Distancia entre zanjas (m)
Leve	5 – 10	15
Moderado	10 – 20	10
Elevado	20 – 30	6
Alto	30 – 40	3

Fuente: Manual de conservación de suelos (Vásquez, 2000).

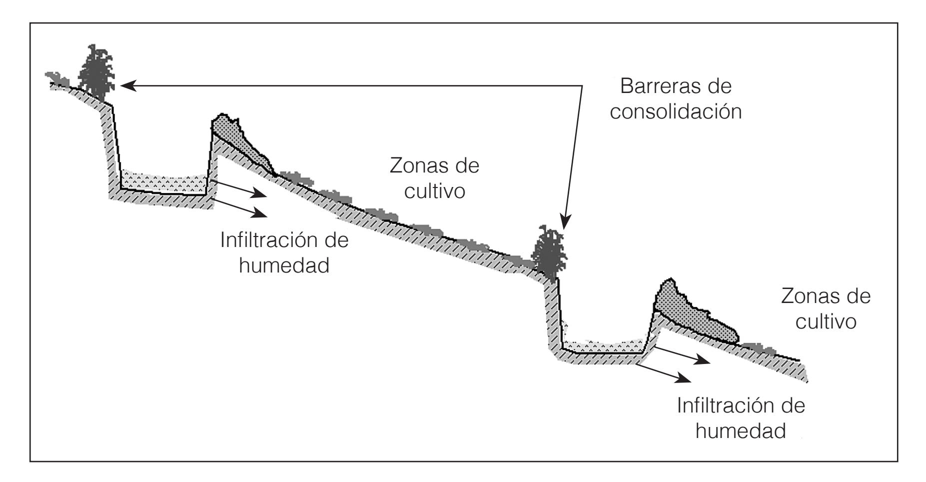
Los pasos a seguir para la construcción de las zanjas de infiltración son los siguientes.

a) Con la ayuda de la picota y cinta métrica se debe demarcar la distancia entre zanjas en el terreno. Si el terreno tiene mucha pendiente, las zanjas tendrán que quedar bastante cerca una de la otra. Si el terreno tiene poca pendiente, se podrá dejar más distancia.

b) Con la ayuda del nivel "A" (instrumento que nos ayuda a trazar una línea sin desnivel) marcamos las líneas sin caída donde queremos construir la zanja de infiltración. Sobre la línea sin caída, se marca la zanja de infiltración tomando en

cuenta el largo y ancho de las zanjas. Por lo general las zanjas de infiltración pueden tener un borde superior de alrededor de 40-50 cm; con un ancho de la base de 30-40 cm, la profundidad puede variar entre los 20 cm hasta los 50 cm y el largo puede variar hasta unos 2 metros, así como se muestra en la imagen 1.

Imagen 1
Zanjas de infiltración



c) La inclinación longitudinal de la zanja normalmente debe ser cero (0%). El talud debe tener una relación entre sus medidas horizontales y verticales pudiendo ser 1:1 a 2:1 y, en terrenos firmes, entre 0,5:1 a 1:1.

d) Cuando las zanjas de infiltración son realizadas bajo las curvas de nivel, a lo largo de estas deben construirse tabiques de tierra (o dejar pequeños espacios sin excavar), a fin de no permitir que el agua captada corra de un lado a otro. Entre los tabiques debe haber una distancia máxima de 20 m, y una mínima de 10 m.

e) La tierra que se saca de la zanja debe ser depositada en la parte baja, formando un pequeño camellón. En el borde superior de la zanja es recomendable sembrar plantas de macollaje tupido (barrera viva), para darle mayor protección de la sedimentación.

f) Es bueno plantar pastos sobre los camellones, para que estos sean más fuertes y puedan sobrevivir mucho tiempo.

g) De la misma manera que para las barreras vivas, la distancia entre zanjas debe estar en relación a la pendiente, así como a la precipitación pluvial de la zona, y de acuerdo a las dimensiones de las propias parcelas (8-12 m).

h) A pesar de las ventajas que esta medida ofrece, las mismas requieren mantenimiento (limpieza periódica).

El impacto de las zanjas de infiltración puede ser observado luego de haber pasado dos períodos de lluvia después de la construcción. Pasado este tiempo, se puede observar en el fondo de estas zanjas el crecimiento de nuevos pastos nativos, situación que se repite también alrededor de las mismas.

De esta manera queda demostrada la recuperación de suelos y pastos nativos en un tiempo corto, lo cual también incide indirectamente en la producción animal y vegetal y, por lo tanto, muestra un mejoramiento en los ingresos económicos de las familias beneficiadas.

Para el mantenimiento de la zanja de infiltración, el socio, con ayuda de una pala, debe realizar la limpieza de las zanjas cuando se llenan de material o lama, sacándolo y esparciéndolo por los terrenos como abono.

8.4 Cosecha y recolección de semillas

La cosecha y recolección de semillas es una práctica eficaz y necesaria para mantener de manera sustentable la biodiversidad de las praderas nativas y se podría utilizar en otras áreas con escasa vegetación o suelos desnudos, siempre y cuando estas tengan similares características agroecológicas. La cosecha y/o recolección de semillas está determinada por la fenología de cada especie, por cuanto la maduración es variable; sin embrago, generalmente esta práctica se realiza durante los meses de abril y mayo.

Se elegirán los pastos más palatables y nutritivos para el ganado camélido y los que mejor se adapten a los suelos y condiciones del

área a ser recuperada y conservada. Esto se realizará a través de un diagnóstico rápido y participativo con los socios para poder identificar las especies más adecuadas.

Actualmente no se realiza la cosecha de semillas, por el inadecuado manejo del pastoreo que no permite la maduración de las mismas, evitando una regeneración de las especies nativas, lo cual hace que la pradera se encuentre en una tendencia negativa o en retrogresión.

Con la ejecución del proyecto, cada familia beneficiada deberá realizar la cosecha de 5 kg de semilla / año de las diferentes especies nativas, de acuerdo al potencial de cada zona. Para este efecto, se identificarán rodales semilleros en las comunidades involucradas en el proyecto (la semilla está madura cuando empieza a caer de la planta). El cuadro 29 muestra los meses de recolecta de semilla para cada especie forrajera.

Cuadro 29
Meses de recolección de semillas de diferentes especies

Pastos nativos	Meses											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Ch'illiwa			■	■	■							
Iru Ichu o paja brava			■	■	■							
Quena o crespillo				■								
Layu layu o trébol				■	■							
Carretilla trébol nativo			■	■								
Ch'ujlla			■	■	■							
Qora				■	■							
Yawari			■	■	■							
Cola de ratón			■	■	■							
Llapa pasto				■	■							
Llapa					■							
Ajara			■	■								
Illamanku			■	■								
Muni muni				■	■							
Qauchi					■	■	■					

(Continúa en la siguiente página)

(Continuación de la anterior página)

Pastos nativos	Meses											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Kaylla												
Añawaya												
Garbancillo												

Fuente: Guía de Manejo de Recursos Naturales (SID, 1999).

Cosecha de semillas

Para cosechar las semillas, con ayuda de una hoz, se deben cortar las espigas de las plantas antes de que se sequen. Si las semillas son más grandes, se puede realizar esta tarea directamente con la mano, o bien sacudiendo en un mantel cuando las semillas estén maduras.

Después de la cosecha, las semillas deben limpiarse y seleccionarse adecuadamente para asegurar la calidad y la pureza de las mismas. Luego deben almacenarse en bolsas o yutes con su respectiva identificación (lugar y fecha de recolección de especie) en un lugar seco, oscuro y ventilado. Desde el momento de la cosecha hasta la siembra hay entre 5 a 7 meses de almacenaje, que es el periodo de dormancia que requieren algunas semillas para posteriormente presentar una alta viabilidad de germinación para el momento de la siembra.

8.5 Abonado del suelo

Es de suma importancia que la pradera tenga buena cantidad de nutrientes disponibles para el crecimiento de los pastos, lo cual se consigue mediante la incorporación de la materia orgánica proveniente del estiércol de llama u otro animal. Los beneficios que brinda una pradera bien abonada son los siguientes:

- El pasto presenta un mayor vigor en su crecimiento.
- El pasto resiste mejor a las sequías y a las heladas.
- Rebrota más rápidamente con las primeras lluvias y mantiene su brote hasta la estación de otoño.
- Aumenta la humedad del suelo.

- También reduce la erodabilidad del suelo y, por ende, el arrastre de los sedimentos.

Los abonos orgánicos más usados, dependiendo de la zona y su vocación productiva, son el estiércol camélido, ovino y bovino para incorporar directamente en los pastizales. La incorporación se realiza en junio, julio y agosto. Esta incorporación tiene un doble propósito: aumentar la materia orgánica e incorporar semilla al suelo. Las cantidades de estiércol de llama en la pradera nativa está en el orden de 1 tn/ha. Para asegurar una buena producción de las praderas nativas, el socio beneficiario deberá acopiar, trasladar y asperjar el estiércol en los meses de mayo, junio y julio.

8.6 Siembra y resiembra de la praderas nativas

Siembra de las praderas nativas

La siembra se realizará en los camellones de las zanjas durante la época de lluvias (noviembre a enero) y de acuerdo a la especie nativa. Las especies como la cebadilla y el pasto llorón serán entregadas por el proyecto para la primera época de siembra, garantizando la siembra oportuna. Los aspectos que se debe considerar para la siembra de semillas son los siguientes:

Ecosistema al que corresponde, tomando en cuenta la topografía, clima, humedad, temperaturas y altitud, considerando sobre todo la época húmeda para asegurar el prendimiento de las semillas.

La segunda siembra se la realizará con la semilla cosechada en las praderas sembradas al inicio del proyecto, más las semillas nativas recolectadas de sus ahijaderos (terrenos de producción de semilla nativa). En el cuadro 30 se presenta las especies vegetales más representativas y su periodo óptimo de siembra:

Cuadro 30
Época de siembra de semilla de diferentes especies

Nº	Nombre común	Nombre técnico	Siembra			
			Oct.	Nov.	Dic.	Ene.
1	Supo thola	*Parestrephia lipidophylla*				
2	Añawaya	*Adesmia spenossisima*				
3	Kaylla	*Tetraglochin cristatum*				
4	Ñaka thola	*Baccharis incarum*				
5	Lampaya	*Lampaya castellani*				
6	Waylla	*Stipa obtusa*				
7	Ichu	*Stipa ichu*				
8	Iru ichu	*Festuca ortophylla*				
9	Sicuya	*Stipa mucronata*				
10	Jacha llawara	*Stipa holwayi*				
11	Llawara	*Nassella pubiflora*				
12	Cebadilla	*Bromas catharticus*				
13	Kuyllo cebadilla	*Stipa plumosa*				
14	Cebadilla	*Polypogon interruptus*				
15	Achull wichinca	*Calamagrostis heterophylla*				
16	Waylla	*Stipa leptostachya*				
17	Kempara	*Baccharis juncea*				
18	Totora	*Scirpus rigidus*				
19	Qemallo	*Eliocharis albibracteata*				
20	Chilliwa	*Festuca dolichophylla*				
21	* Chiji blanco	*Distichlis humilis*				
22	* Chiji negro	*Muhlembergia fastgiata*				
23	Paco paco	*Calamagrostis curvula*				
24	Keña	*Calamagrostis trichophylla*				
25	Wira wira	*Ghnaphalium cheiranthifolium*				
26	Paico	*Chenopodium ambrosoides*				
27	Sac´a	*Siguiera procumbens*				
28	Quiso	*Stipa Capilleseta*				
29	Kauchi	*Suaeda foliosa*				
30	Pasto pluma	*Asistida asplundi*				
31	Llapa	*Chondrosum simples*				
32	Suico suico	*Tagetes multiflora*				
33	Suico suico	*Tagetes pussila*				
34	Kela Kela (salka)	*Lupinus altimontanus*				
35	Kani kani	*Descuraenia meriophylla*				
36	Llawara	*Stipa inconspicua*				
37	Jacha añawaya	*Adesmia miraflorensis*				

(Continúa en la siguiente página)

(Continuación de la anterior página)

Nº	Nombre común	Nombre técnico	Siembra			
			Oct.	Nov.	Dic.	Ene.
39	Puscaillo	*Opuntia boliviana*				
40	Llapa llapa	*Poa annua*				
41	Q´ora	*Tarasa tenella*				
42	Aguja agujilla	*Erodium cicutarium*				
43	Cebadilla común	*Bromus unioloides*				
44	Cebadilla de montaña	*Agrostis breveculmis*				
45	Cola de ratón	*Hordeum muticum*				
46	Diente de león	*Taraxacum officinalis*				
47	Layo layo	*Trifolium amabile*				
48	Muni muni	*Bidens andicola*				
49	Sillu sillu	*Alchimilla pinnata*				
50	Ajara	*Chenopodium petiolare*				
51	Livi livi	*Atriplex nitriphiloides*				
52	Livi livi	*Atriplex crestata*				
53	Kañawa	*Chenopodium pallidicuaule*				
54	Pupusa	*Werneria pigmaea*				
55	Muni muni	*Bidens andicola*				

Fuente: Guía de manejo de recursos naturales (SID, 1999).

Resiembra de praderas nativas

La resiembra se realizará en los espacios sin cobertura vegetal entre zanja y zanja preferentemente. Para el efecto se recurrirá al uso de una yunta (arado), para luego colocar la semilla en el suelo.

Densidad de siembra de las especies a utilizar

La densidad de siembra (cantidad de semilla por hectárea) depende del tipo de suelo y cultivo, además de aspectos como el clima, tipo de suelo y otras condiciones locales. En los cuadro 31 y 32 se presentan los parámetros de densidades de siembra de forrajes introducidos en proyectos de desarrollo que vienen ejecutándose en el departamento de Oruro.

Cuadro 31
Densidad de siembra de forraje introducido

Especies	Densidad de siembra (kg/ha)	
	Siembra combinada (entre zanja y zanja)	Siembra pura (en camellones)
Cebadilla	8 a 15	15 a 20
Pasto llorón	1,5 a 2,5	6 a 7,5

Fuente: Guía de manejo de recursos naturales (SID, 1999).

Cuadro 32
Densidad de siembra a utilizar del forraje

Especie	Densidad de siembra (kg/ha)	Rendimiento de forraje (kg/ha) materia seca
Cebadilla	15	5.000
Pasto llorón	2	3.000

Fuente: Sefo Sam 2009.

Los forrajes introducidos en las áreas del altiplano boliviano tiene un grado de prendimiento bajo por las condiciones que brinda el ecosistema de los suelos, y otros aspectos como las precipitaciones y el manejo.

Según la empresa Sefo Sam, el pasto llorón es otra forrajera en difusión y su proceso de aprovechamiento (rendimiento) es de 3.000 kg/ha (MS) y la cebadilla de 5.000 kg/ha (MS). En base a estos parámetros, la cantidad de semilla utilizada para la siembra en una hectárea de pasto cebadilla en camellones y pasto llorón, como re-siembra entre zanja y zanja, se presenta en los cuadros 33 y 34.

Cuadro 33
Siembra en los camellones

Especie	Densidad de siembra (kg/1.400 m^2)	Rendimiento (kg/1.400 m^2) de MS
Cebadilla	2	666

Fuente: PCI, 2008.

Cuadro 34
Resiembra entre zanja y zanja

Especie	Densidad de siembra (kg/5.000 m^2)	Rendimiento (kg/5.000 m^2) de MS
P. Llorón	1	1.500

Fuente: PCI, 2008.

Se indica en los cuadros que el proyecto incorporará 2.166 kilos de MS en una superficie de 6.400 m^2, tomando en cuenta que el resto de la superficie estará compuesta por zanjas de infiltración.

De donde: se tiene un total de (2.166 kg MS * 630 socios del proyecto) 1.364.580 kg MS = 1.364.580 Tn. Se tiene el dato de que una llama más su cría consume 700 kilos de MS año. Entonces, con el proyecto se pretende suministrar materia seca a 1.950 cabezas de ganado.

Se debe tomar en cuenta que la producción de forraje en los campos nativos de pastoreo (CANAPAS) está sujeta a la disponibilidad de lluvias, temperaturas y animales silvestres.

Siembra de especies forrajeras en la segunda temporada

En la segunda temporada el socio beneficiario proporcionará las semillas para la siembra de sus praderas nativas. En la zona, las semillas deberán ser cosechadas de sus ahijaderos. El cuadro 35 muestra la cantidad de semilla requerida según tipos de terreno para la zona.

Cuadro 35
Densidad de siembra según el tipo de terreno

Tipo de terreno	Semilla nativa	Densidad de siembra (kg/ha)
Ladera	Ch´illiwa, kullcha	10 a 15
Bofedal	Paku paku, Ch´illiwa	10 a 15
Pampa	Cola de ratón, Ch´illiwa, qura	8 a 10
Salitroso	Q´auchi	8

Fuente: Ramírez, 2003.

Trasplante de especies arbustivas nativas

En esta actividad, el socio identificará plántulas emergentes o plantas grandes para trasladarlas a las áreas de redoblamiento o áreas con población vegetativa pobre. Para esto se debe extraer la planta sin dañar sus raíces y que en lo posible que contengan su pan de tierra. Es posible dividir en gajos (esquejes) las especies de fácil prendimiento, para transplantarlas en hoyos preparados con abono.

8.7 Plan de manejo de las praderas nativas

Dentro de las actividades del proyecto, se promoverá la elaboración de un plan de manejo integral de la pradera nativa, en forma participativa con los socios beneficiarios. Para este fin se creará el comité de la pradera. Bajo el liderazgo del comité, se realizarán reuniones organizativas para poder planificar todas las actividades relacionadas con la recuperación, mantenimiento y conservación de las praderas, para luego realizar un cronograma para su uso a través del ingreso estricto de los animales a lo largo del calendario pecuario de la zona. De esta manera se asegura la sostenibilidad de esta práctica. Para este proceso es importante considerar:

- La elaboración de un mapeo inicial y final de las praderas nativas, así como de las asociaciones vegetales (tholares, gramadales, pajonales, bofedales, ch´illiwares, etc.).
- La determinación de la capacidad de pastoreo (carga animal).
- La elaboración del plan de pastoreo, el cual debe estar basado en el potencial de la pradera y su capacidad de carga animal (número de animales, tiempo de pastoreo y rotación de praderas en el tiempo).
- El mantenimiento de las zanjas de infiltración y la posterior resiembra.

Evaluación del estado de las praderas nativas al final del proyecto

La evaluación del estado de las praderas nativas no solo debe realizarse al final del proyecto, sino también debe hacerse una evaluación en un periodo intermedio. La evaluación supone la realización de las siguientes actividades:

- Cuantificar las características de la vegetación (por método transecto).
- Elaborar un mapeo de asociaciones vegetativas (tholares, gramadales, pajonales, bofedales, ch´illiwares, etc.).
- Determinar el rendimiento de la materia seca de la pradera nativa.

$$\% \text{ MS} = (\text{MS}/\text{MV}) \text{ X } 100$$

- MS = Peso de la muestra de forraje seca (kg)
- MS = Peso de la muestra de verde seca (kg)

- Establecer la capacidad de carga animal de las praderas (unidad animal/hectárea). Para este propósito es importante contar con la siguiente información:
  - Producción de materia seca (peso seco del pasto MS) por hectárea y la cantidad de MS requerida para alimentar a una unidad animal por año (MS/UA/Año).

8.8 Tiempo de implementación de una pradera nativa

El cuadro 36 muestra el tiempo estimado por actividad para la implementación de praderas nativas por socio beneficiario.

Cuadro 36
Tiempo estimado para implementación de las praderas nativas por socio beneficiario

Item	Descripción	Nº días
1	**Excavación de zanjas de infiltración**	
1.1	Demarcación de zanja a zanja 750 m/5000 m^2	5
1.2	Diseño con nivel "A"	2
1.3	Excavación de zanja 750 m/5000 m^2	45
2	**Abonado**	
2.1	Acopio de 1 tn de estiércol de llama (corral maternidad)	4
2.2	Traslado del estiércol a la zona de la pradera	2
2.3	Asperjado dentro de la pradera	1

(Continúa en la siguiente página)

(Continuación de la anterior página)

Item	Descripción	Nº días
3	**Resiembra entre zanja y zanja**	
3.1	Arado del terreno	25
3.2	Mullido del terreno	5
3.3	Apertura de surco en camellones y siembra	4
4	**Siembra de semilla en los camellones**	
4.1	Apertura de surcos en los camellones	2
4.2	Siembra y cubierta de semilla	1
4.3	Protección de semilla	1
5	**Cosecha de semilla**	
5.1	Identificación del área de cosecha	1
5.2	Cosecha de semilla de 5 kg/socio	5
5.3	Selección de la semilla	2
5.4	Almacenamiento de la semilla	1
	Total días	**105**

Fuente: PCI, 2008.

8.9 Producción de forrajes

Se realizará la producción de forraje introducido (anual) con el fin de complementar la dieta nutricional del ganado en periodos críticos (agosto, septiembre, octubre y noviembre), donde existe una baja de la biomasa en las praderas. Este forraje además puede ser utilizado como abono verde. De acuerdo a las experiencias del PCI, se ha identificado que la cebada (*Hordeum vulgare*), avena (*Avena sp.*) y el triticale (*Triticale sp.*), son especies forrajeras que han mostrado mejores rendimientos y adaptabilidad a las condiciones del altiplano. En este sentido, se recomienda la introducción de estas especies para el mejoramiento del forraje para el ganado. El cuadro 37 muestra la densidad y el rendimiento de forraje introducido por hectárea.

El cuadro 38 muestra el rendimiento de forraje para una superficie de 2.400 m^2. Se observa que este alcanza a 1.648 kg de materia seca, cantidad que posibilita la alimentación de un grupo de ganado compuesto por un promedio de 25 animales (hembras, macho y crías) por el lapso de 3 meses que dura el periodo más crítico (septiembre, octubre y noviembre).

Cuadro 37
Densidad y rendimiento de forraje introducido

Cultivo	Densidad de siembra (kg/ha)	Rendimiento de forraje (kg/ha) materia seca
Avena	80	7.000
Triticale	90	6.800
Cebada	90	6.800

Fuente: Sefo Sam 2009.

Cuadro 38
Densidad y rendimiento de forraje introducido en 2.400 m^2

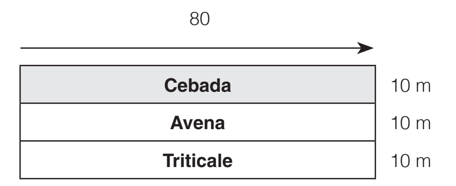
Cultivo	Densidad de siembra (kg/800 m^2)	Rendimiento de forraje (kg/800 m^2) de MS
Avena	7	560
Triticale	8	544
Cebada	8	544

Fuente: Sefo Sam 2009.

Establecimiento del área de siembra de forraje anual

La ubicación y establecimiento del área de siembra debe realizarse en áreas fuera de la pradera nativa. En lo posible, se debe sembrar después del cultivo de la papa u otro tubérculo y/o en suelos que estén en descanso. A continuación se detallan algunos aspectos técnicos que se deben considerar para la siembra de los forrajes introducidos:

- Que el terreno sea de propiedad del socio beneficiario, que en lo posible cuente con una fuente de agua para el riego y que además sea apto para la producción forrajera.
- Superficie de un cuarto de hectárea (2.400 m^2) capaz de ser dividido en tres sub-áreas, según se muestra en el croquis:



Tiempo estimado para la siembra de forrajes anual

Similar a las praderas nativas, la implantación de forraje introducido supone la realización de una serie de actividades. El cuadro 39 describe las actividades y el tiempo requerido de implantación de forraje introducido:

Cuadro 39
Tiempo estimado para la siembra de forrajes anuales por socio beneficiario

Item	Descripción	Tiempo (d)
1	Ubicación del área de siembra	1
2	Preparado del suelo	10
3	Siembra de cebada, avena y triticale	4
4	Cosecha	4
5	Almacenaje	2
Total		**21**

Fuente: Elaboración propia.

8.10 Forma de adopción del proyecto por los beneficiarios

El proyecto responde a una necesidad técnica, económica, social y ambiental (TESA). El gobierno municipal deberá adoptar el proyecto mediante la asignación de contrapartes técnicos y financieros; asimismo, los socios beneficiarios deberán aportar con contraparte de mano de obra y materiales locales y apropiarse del proyecto. Para tal efecto, todos recibirán asistencia técnica orientada a la formación de capacidades para la autosostenibilidad del proyecto.

8.11 Capacitación y extensión agrícola

Capacitación del equipo técnico

La recuperación y conservación de las praderas nativas será mediante la modalidad de autoconstrucción, aplicando las metodologías: aprender haciendo e intercambio de experiencia, que estará dirigida por el personal ejecutor del proyecto. Al inicio de la implementación de actividades, se realizará una capacitación del personal

operativo (operadores de campo y extensiones), que tendrá como fin informar sobre las fases y actividades del proyecto, dando importancia a la excavación de zanjas de infiltración y repoblamiento de especies nativas. Durante esta actividad el técnico además deberá identificar a los socios potenciales que dispongan del área adecuada para las obras del proyecto.

Capacitación a beneficiarios

Luego de estas capacitaciones, cada operador de campo y extensionista comunitario capacitará a los socios beneficiarios en todas las etapas del proceso de recuperación y conservación de las praderas nativas. A continuación se describen las temáticas de capacitación:

- Importancia en la recuperación y conservación de la pradera nativa.
- Diseño, uso y mantenimiento de las zanjas de infiltración.
- Importancia de la incorporación de estiércol en las praderas nativas.
- Beneficio de la siembra de forrajes y transplante de especies nativas en camellones para la estabilización de las zanjas y la recuperación de praderas nativas.
- Repoblamiento de especies nativas (forrajes y plantines de la zona) entre zanja y zanja para el incremento de biomasa de la pradera nativa.
- Importancia de la cosecha de semilla y de su relevancia para el mantenimiento de la biodiversidad de los pastos en la pradera nativa.

Para desarrollar estas actividades, se contempla elaborar materiales de información, educación y capacitación (IEC) como herramienta de apoyo en los eventos (manual, calendario de manejo y conservación de praderas nativas), con gráficos contextualizados para una mejor comprensión por el socio beneficiario encargado de la implementación de las actividades.

Capacitación en desarrollo económico local

El proyecto, dentro de su plan estratégico institucional, tiene como uno de sus principales propósitos el contribuir a la reducción de la pobreza, a través de sus programas y proyectos, la promoción de procesos de desarrollo económico local sostenible y el fortalecimiento de las capacidades de los actores locales (actores públicos, actores económicos privados e instituciones de apoyo). Para llevar adelante esta iniciativa, se considera implementar las siguientes estrategias:

- Promover que los Gobiernos Municipales jueguen un papel protagónico en la coordinación entre todos los actores productivos y económicos para formular e implementar en forma conjunta y concertada estrategias orientadas a la reducción de los proceso de degradación de suelos, fortalecimiento de la producción camélida y agronómica.
- Promover que los Gobiernos Municipales, en el marco de las atribuciones que les dan las normas nacionales, incentiven las actividades productivas y su promoción económica a través de inversiones en infraestructura productiva, asistencia técnica y capacitación especializada, como la promoción económica y de servicios a través de ferias, exposiciones y festivales.
- Promover la vinculación entre las demandas del sector público (municipio, gobernación, escuelas, institutos, etc.) con las ofertas de los productores (actores económicos locales).
- Vincular a los actores económicos locales con las instituciones de apoyo como las Organizaciones No Gubernamentales (ONG), universidades, empresas microfinancieras, Servicio Departamental Agropecuario (SEDAG), Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG), para que puedan acceder a programas de financiamiento, asistencia técnica como capacitación y formación especializada.
- Articular a los actores económicos locales con la planificación participativa en procesos municipales (POA) para la formulación de Estrategias de Desarrollo Económico Local Municipal (EDEM), promoviendo los espacios de concertación.

Presupuesto para acciones de capacitación y seguimiento del proyecto

El presupuesto general para el componente de capacitación y seguimiento, el cual prevé tener una duración de dos años, asciende a la suma de **34.799,50 $us** (treinta y cuatro mil setecientos noventa y nueve 50/100 dólares americanos). El cuadro 40 detalla las actividades del extensionista por objetivos para la fase de ejecución del proyecto (acompañamiento).

Cuadro 40
Presupuesto general para capacitación y seguimiento de proyecto

Descripción	Unid.	Cant.	P. U. (Bs.)	P. T. (Bs.)	P. T. ($us)
Visitas Familiares (Consisten en la visita individual de cada familia por el extensionista durante la ejecución del proyecto, con la principal función de hacer un monitoreo y evaluación de los avances realizados por los socios beneficiarios).	Días	700	251,28	175.893	24.878,71
Asistencia a reuniones comunales (Consiste en la asistencia del extensionista o técnico encargado, a aquellas reuniones de la comunidad con el fin de coordinar actividades mensuales o anuales con toda la comunidad).	Evento	120	276,50	33.180	4.693,07
Cursillo de capacitación (Consiste en una capacitación formal que tiene fecha, lugar y tema definido previamente con los agricultores en una reunión comunal. Ejemplos de temas son: Conservación de suelos, producción de semillas, sanidad de los animales, control de plagas y enfermedades en los cultivos, etc.).	Evento	24	1.540,00	36.960	5.227,72
Total				**246.033**	**34.799,5**

Fuente: Elaboración propia.

Descripción del número de eventos a realizarse con el proyecto

Visitas familiares

Se contempla la contratación de un extensionista por todo el periodo del proyecto (dos años = 700 días), cuya actividad fundamental será la visita a cada familia, con la principal función de hacer un monitoreo y evaluación de los avances de ejecución de las obras (apertura de zanjas, siembra, resiembra). Hacer notar que el proyecto solo alcanza al 23% de las familias (630 socios beneficiarios).

Asistencia a reuniones comunales

Para el cumplimiento de esta actividad, se contratará a un coordinador, quien deberá coordinar las actividades mensuales y anuales con las comunidades. Se prevé la realización de 120 reuniones; es decir que en cada comunidad se realizarán do reuniones al año haciendo un total de cuatro reuniones en los dos años del proyecto por comunidad. Estas reuniones se llevarán a cabo al inicio y a la mitad del ciclo agrícola (agosto y marzo de cada año).

Cursillo de capacitación

Los cursillos de capacitación se concentrarán en tres centros; uno en Salinas de Garci Mendoza, otro en San Martín y un tercero en Pampa Aullagas. Dependiendo de la distancia y comodidad de los socios beneficiarios, estos tendrán la libertad de asistir a cualquiera de los centros, ya que en cada uno se impartirán los mimos temas. Se hace notar que la asistencia de los socios es obligatoria. La capacitación se centrará en:

- Capacitación en conservación de suelos.
- Capacitación en producción y control de plagas y enfermedades.
- Capacitación en sanidad animal.

- Capacitación en praderas nativas.
- Capacitación en uso de maquinaria agrícola.

Cada tema de capacitación tendrá una duración de un día y se llevará a cabo uno en cada año del proyecto, teniendo un total de 24 eventos de capacitación. El objetivo de esta actividad es fortalecer los conocimientos y transmitir nuevas técnicas para un manejo sostenible de las praderas nativas.

Las actividades de capacitación y extensión comunitaria son actividades homogéneas y continuas, por lo que el presupuesto asignado para esta actividad será distribuido en dos partes; 50% el primer año y 50% el segundo año.

8.12 Estudio de mercado para la comercialización de la quinua

En una época de competitividad de productos o servicios, como la que vive el cambiante mundo del mercado, es necesario estar alerta a las exigencias, expectativas y los cambios en los gustos y preferencias de los consumidores. Para asegurar el éxito de las iniciativas empresariales, es de vital importancia hacer uso de diferentes técnicas y herramientas, como la de llevar a cabo un estudio de mercado, en conjunto con una serie de investigaciones como lo son la competencia, los canales de distribución, los lugares de venta del producto, publicidad de la competencia en el mercado, precios, etc.

La producción y comercialización de quinua en los municipios de Pampa Aullagas y Salinas de Garci Mendoza no están exentas del uso y aplicación de las herramientas de la mercadotecnia. En la medida en que se consideren importantes, tendrán el éxito en el sistema de comercialización para los productos locales.

Así, la presente propuesta intenta plantear algunos elementos básicos y determinantes que permitirán establecer mecanismos de mejora y sostenibilidad en el proceso de comercialización de la quinua. Conviene destacar que no solo se debe orientar a la mejora de la producción, si bien es un componente importante; la comercialización o el sistema de comercialización de productos otorga a

una empresa, asociación o productor, el valor y la perspectiva de crecimiento y sostenibilidad.

Introducción

El plan de mercado, conocido también como plan de marketing, tiene algunas características simbióticas y es transversal en cada unidad de negocio o en aquellas iniciativas que emprenden distintos sectores: agrícola, servicios, artesanía, industria, comercio, etc. El plan de mercadeo tiene la finalidad de establecer directrices que orientan a la empresa al cumplimiento de objetivos y metas institucionales en un determinado periodo de tiempo (corto y mediano plazo). Se recomienda utilizar el plan de mercadeo como instrumento para dar un apoyo significativo y efectivo a los productores de quinua de ambos municipios. Mediante esta herramienta, se podrá tener un mejor conocimiento del entorno competitivo, optimizar el empleo de recursos limitados, aprovechar las oportunidades del entorno, adelantarse a las amenazas; es decir, adecuarse al mercado para conocerlo mejor y lograr sacar la mayor ventaja posible para los productos.

Para llevar a cabo este trabajo, es importante conformar antes una Asociación de productores en cada municipio, con el objetivo de fortalecerla como institución sólida y seria en cuanto a la producción, organización y comercialización en los distintos mercados, tanto internos como externos.

Visión

Una vez conformada la Asociación de Productores de Quinua, se debe definir la visión institucional que recoja las intenciones y anhelos a largo plazo. La visión definirá, por tanto, cómo y de qué forma se visualiza el negocio de la quinua. Para poder definir la visión de la Asociación, se debe responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué necesidades trata de satisfacer nuestra organización, externa e internamente?
- ¿Cómo definimos a nuestros usuarios externos e internos?
- ¿Cuál es la razón de ser de la organización, sus valores?

- ¿Qué pretende lograr la organización?
- ¿Qué camino seguirá para lograr su visión?
- ¿Cuándo tiene pensado lograr esta visión?: su horizonte temporal.

Misión

Por otro lado, se debe formular la misión institucional, en la que se mencionan los valores o principios de la organización, además de la actividad que les ocupa y la relación organización-consumidores. De igual forma, antes de definir la misión de la Asociación, se debe responder las preguntas adjuntas y sobre esa base redactar la misión.

- ¿Qué tipo de empresa somos?
- ¿Qué actividad desempeña mi negocio?
- ¿Qué tipo de servicios ofrece?
- ¿Cuáles son los beneficios que otorgan nuestros servicios?

Análisis situacional

El análisis situacional es uno de los procedimientos más importantes en el proceso de elaboración del Plan. Es así que la Asociación a conformar debe realizar un análisis no solamente de las acciones o planificación que se está realizando en el momento, sino identificar y describir aquellos factores o elementos que han antecedido al establecimiento de la organización, el presente y el futuro.

Desarrollar el análisis de los resultados obtenidos el año anterior de forma individual o comunitaria será determinante para recoger aspectos relevantes para una buena planificación. Las preguntas que se debe formular y desde donde se debe partir, podrían ser, por ejemplo: ¿Cuáles son las metas a corto y largo plazo obtenidas? ¿Cuáles son las metas de ventas que se han cumplido? ¿Cuáles son los márgenes de utilidad hasta el momento? ¿Cuál es el presupuesto de operación de la comunidad o productor? ¿Cuál es la aportación de cada producto a las utilidades?

En esta parte se deberá hacer un análisis de los resultados obtenidos en el ejercicio anterior, utilizando los datos recopilados. (Puede incorporar el productor cualquier otra información relacionada que considere pertinente). A su vez, también determinará puntos de partida para la Asociación de Productores de Quinua.

- ¿Cómo está la participación de la comunidad respecto a otras en cuanto a la venta de la quinua?
- ¿Cómo está la rentabilidad del producto?
- ¿El mercado para la quinua está creciendo o no?
- ¿Cuál es nuestro mercado meta primario?
- ¿Cómo están los costos de producción?
- ¿Cómo están los márgenes de producción?
- ¿Cómo están los precios de la quinua?
- ¿Cómo están las ventas? Hacer un análisis de ventas. Será muy útil determinar el ritmo estacional de la comercialización de la quinua.
- ¿Cómo se manejaron los presupuestos en los productores? ¿Se cumplieron?
- ¿Cómo estamos en el sistema de distribución?
- ¿Qué logramos?
- ¿Se utilizaron algunas herramientas de la mercadotecnia?

Estas son algunas de las preguntas que se deben considerar para el análisis de resultados obtenidos, y observar qué implicancias se dan y qué obtuvimos en el mercado con esos resultados. A continuación se presenta un formato para que pueda ser aplicado en el análisis de las situaciones en las comunidades y también para la Asociación.

Análisis Situacional - Marketing

Producto / Servicio
Describir las características de la quinua, variedades.
Precio
Mencionar el comportamiento y características del precio actual y las fluctuaciones según las estaciones.
Distribución
Describir los canales de distribución con los que se cuenta, cobertura y penetración a nuevos mercados.
Publicidad
Identificar organizaciones e instituciones que realizan la publicidad de la quinua y cómo estas influyen en la comercialización de la quinua.
Promoción de Ventas
Describir si existen algunas actividades relacionadas a la promoción de ventas.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la Asociación debe considerar el análisis FODA que permitirá observar de manera general y específica las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas para la organización y la actividad productiva que desarrollan. Se deberá rescatar los factores de mayor impacto del negocio, tanto internos como externos.

Análisis FODA

FODA	
Fortalezas **Aspectos:** Liderazgo, gestión, producción, finanzas, tecnología, ¿Ventajas de la propuesta? ¿Capacidades? ¿Ventajas competitivas? ¿PUV (propuesta única de ventas)? ¿Recursos, activos? ¿Experiencia, conocimiento, datos? ¿Reservas financieras, retorno probable? ¿Marketing-alcance, distribución? ¿Aspectos innovadores? ¿Ubicación geográfica? ¿Precio, valor, calidad? ¿Acreditaciones, calificaciones, certificaciones? ¿Procesos, sistemas? ¿Cultural, actitudinal, de comportamiento? ¿Cobertura de la producción y comercialización?	**Debilidades** **Aspectos:** Personal, gestión, producción, finanzas, equipo e insumos, infraestructura, ¿Desventajas de la propuesta? ¿Brechas en la capacidad? ¿Falta de fuerza competitiva? ¿Reputación, presencia y alcance? ¿Aspectos financieros? ¿Vulnerabilidades propias conocidas? ¿Escala de tiempo, fechas tope y presiones? ¿Flujo de caja? ¿Continuidad, robustez de la cadena de suministros? ¿Efectos sobre las actividades principales, distracción? ¿Confiabilidad de los datos, predictibilidad del plan? ¿Motivación, compromiso, liderazgo? ¿Acreditación, etc.? ¿Procesos y sistemas, etc.? ¿Cobertura gerencial, sucesión?

(Continúa en la siguiente página)

(Continuación de la anterior página)

FODA	
Oportunidades Político-legales, económicas, culturales, demográfico-sociales, organizaciones, tecnológicos. ¿Desarrollos del mercado? ¿Vulnerabilidades de los competidores? ¿Tendencias de la comercialización de la quinua? ¿Desarrollos tecnológicos e innovaciones? ¿Influencias globales? ¿Nuevos mercados, verticales, horizontales? ¿Mercados objetivo nicho? ¿Geografía, exportación, importación? ¿Nuevas propuestas únicas de venta? ¿Tácticas-sorpresa, grandes contratos, etc.? ¿Desarrollo de negocios o de productos? ¿Información e investigación? ¿Sociedades, agencias, distribución? ¿Volúmenes, producción, economías? ¿Influencias estacionales del clima?	**Amenazas** Político, económica, cultural, social, comunicación. ¿Efectos políticos? ¿Efectos legislativos? ¿Efectos ambientales? ¿Intenciones de los competidores? ¿Demanda del mercado? ¿Nuevas tecnologías en la producción? ¿Contratos y alianzas vitales? ¿Mantener las capacidades internas? ¿Obstáculos enfrentados? ¿Debilidades no superables? ¿Pérdida de personal clave? ¿Respaldo financiero sostenible? ¿Economía-local o extranjera? ¿Influencias estacionales del clima?

Fuente: Elaboración propia con base a Stanton, 2009.

La Asociación, en el proceso de desarrollo del análisis de situaciones, debe resumir a continuación de forma clara las conclusiones más importantes, sean favorables o no.

Se debe focalizar aquellas FODA que permitan determinar: ¿Dónde estamos? ¿Cómo estamos? ¿A dónde podemos ir? ¿A dónde debemos llegar y qué debemos hacer?

La lectura del diagnóstico debe propiciar la definición de los objetivos y estrategias que permitan aprovechar las fuerzas y oportunidades y neutralizar o aminorar las debilidades y amenazas.

Ventajas estratégicas

Una ventana estratégica es el periodo limitado de tiempo en que es óptimo el ajuste entre los requisitos clave de un mercado y la competencia particular de una empresa. Para el aprovechamiento de las ventanas estratégicas, la Asociación debe hacer uso de alguna de las alternativas estratégicas. Para poder determinar cuál es la mejor alternativa estratégica, debemos hacer uso de la Matriz de Oportunidades Estratégicas.

	Producto Actual	Producto Nuevo
Mercado Actual	**Penetración de mercado** (Incrementar participación entre los compradores existentes).	**Desarrollo de producto** (Crear productos nuevos para mercados actuales).
Nuevo Mercado	**Desarrollo de mercado** (Atracción de clientes nuevos a productos existentes).	**Diversificación** (Introducción de productos nuevos en mercados nuevos).

Formulación estratégica

- **Objetivos de la Asociación**

Se debe definir de forma clara, precisa, real y coherente considerando la misión y visión de la Asociación y el diagnóstico situacional, los objetivos generales que se pretenden alcanzar. Estos pueden ser sobre la Asociación de productores de quinua en general o sobre los productos (variedades) que comercializan. Por lo general, estos objetivos son planteados para un periodo de 4 o 5 años.

- **Objetivos generales**

A continuación se debe formular los objetivos generales de la Asociación. Conviene aclarar que se debe tomar en cuenta que deben de ser medibles, cuantificables, posibles, realistas y específicos en cuanto al tiempo y congruentes entre sí. Deben ser establecidos para el término de un año. Pueden ser de marketing, financieros, de posicionamiento, de participación de mercado, etc.

Objetivos generales	
Acción ¿Qué hacer?	
Población objetivo ¿A quién? ¿Para quién?	
Ámbito jurisdiccional ¿Dónde se desarrollará la intervención?	

- **Objetivos específicos**

Se debe acompañar con los objetivos generales. Estos son los que ayudarán a la Asociación a ir cumpliendo parcialmente (de manera escalonada) las metas a las que desea llegar en los objetivos generales.

Objetivos específicos	
Obj.Esp.1	
Obj.Esp.2	
Obj.Esp.3	
Obj.Esp.4	
Obj.Esp.5	

- **Estrategias generales**

	Fortalezas	Debilidades
Oportunidades	Estrategias para maximizar las fortalezas y aprovechar las oportunidades	Estrategias para minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades
Amenazas	Estrategias para maximizar fortalezas y minimizar amenazas	Estrategias para minimizar las amenazas y debilidades

Investigación de mercados

El Plan de mercadeo no será más un documento escrito si no se considera una investigación de mercados con la rigurosidad y la amplitud del estudio de campo. La identificación de nuevos mercados o la identificación de las falencias en los procesos de comercialización serán precisamente recabadas con el estudio de mercado. El proceso de esta investigación de mercados se describe a continuación de forma sucinta.

– Especificar los objetivos de la investigación y las necesidades de información
– Determinar el diseño de investigación y las fuentes de datos.
– Desarrollar el procedimiento de recolección de datos.
– Diseñar la muestra.
– Recolectar los datos.
– Procesar los datos.
– Analizar los datos.
– Presentar los resultados.

Esta información debe acompañar al plan de mercadeo de la Asociación de Productores. Se remarca, una vez más, la importancia de realizar un Plan en consonancia con las necesidades del mercado y los objetivos institucionales.

Le acompañarán los objetivos del área de mercados, los mismos que serán planteados en función a la investigación de mercados;

además, deben estar orientados sobre la base de los objetivos generales con el fin de mantener la coherencia en los mismos.

Objetivos específicos de marketing

Ventas
Describir los objetivos de las ventas, cantidades y precios.
Rentabilidad
¿Cuál debe ser la rentabilidad de la Asociación? Y ¿en qué periodo de tiempo?
Participación de mercado
Definir los objetivos de la participación en los mercados.
Distribución
Describir los objetivos y los sistemas de distribución que se pretenden establecer.
Promoción
¿Qué tipo de promociones se aplicarán?
Ampliación o desarrollo de variedad de la quinua
¿Se producirán nuevas variedades de quinua? Mencionar.
Precios
Formular una política de precios acorde a los resultados de la investigación de mercados y la competencia.
Márgenes
¿Cuáles serán nuestros márgenes de utilidades en los distintos periodos de tiempo?
Retención con el mercado
Estrategia de posicionamiento

Por cada objetivo deberá existir una estrategia que sirva como plan para poder lograrlo. Se debe desarrollar las estrategias en base a los objetivos específicos a lograr.

Estrategias específicas de Marketing

Estrategias de ventas y distribución
Estrategias de promoción de ventas
Estrategias de distribución
Estrategias de precios
Estrategias de productos (variedades de quinua)

Las estrategias deberán mantener coherencia con las diseñadas en base a las FODA. En el análisis de marketing y ventas se debe considerar lo siguiente:

- ¿Qué tan amplio es el portafolio de productos (variedades de la quinua) en la Asociación?
- ¿Cuál es la posición del producto en el ciclo de vida? ¿Cuál es la posición competitiva del producto según la teoría de McKinsey[2]?

2 El concepto de sistemas de negocios, desarrollado por McKinsey and Company, desarrolla la idea de que la empresa es una serie de funciones (ej. I&D, manufactura, mercadotecnia, canales) y que analizar cómo se desarrolla cada una en relación a los competidores puede proporcionar consideraciones útiles. McKinsey también enfatiza el poder de redefinición del sistema de negocio para poder obtener ventajas competitivas. No obstante, el concepto de sistema de negocio trata las funciones amplias en vez de actividades, y no distingue entre tipos de actividades y cómo estas se hallan relacionadas. El concepto no está unido específicamente a la ventaja competitiva ni al panorama competitivo.

- ¿Cuál es el posicionamiento perceptual del producto?
- ¿Estamos orientados al cliente?
- ¿Cómo se pretende realizar la segmentación?
- ¿Existe conocimiento de mercado y capacidad de gestión de marketing?
- ¿Qué tan eficaces y eficientes pretendemos ser en la entrega de productos a los mercados?
- ¿Cómo se manejarán las relaciones con los clientes?
- ¿Tendremos apoyo promocional para los productos?

Así también, la Asociación analizará las carencias y recursos con los que cuenta la organización para enfrentar las condiciones de mercado. Este análisis debe realizarse de manera semestral.

¿Nuestro nivel gerencial a nivel de la Asociación y en especial del área de marketing ejercerá con propiedad? ¿Tomará las decisiones acertadamente?

Nivel gerencial en la empresa

- ¿Cuenta el recurso humano con las condiciones básicas para lograr un buen desempeño?, ¿tiene buenas condiciones de trabajo, etc.?

Recurso humano

- ¿Tenemos suficiente capacidad de producción, para satisfacer la demanda?
- ¿Tenemos acceso a las materias primas, sin ninguna dificultad?

- ¿Cómo se encuentra la maquinaria y los equipos?
- ¿Cómo está nuestra estructura de costos?
- ¿Hay capacidad de respuesta al mercado o competencia?
- ¿Qué tipo de tecnología utilizamos?
- ¿Tenemos suficiente capacidad de stock?
- ¿Tenemos experiencia y eficiencia técnica?

Producción

- ¿Tenemos estabilidad y solidez económica financiera?
- ¿Cuál es nuestra posición en cuanto a liquidez?
- ¿Existe estabilidad en el aspecto administrativo / financiero?
- ¿Cómo está nuestra estructura general de costos?
- ¿Cómo está nuestro nivel de capital inmovilizado (stocks)?
- ¿Somos sujetos de crédito?

Finanzas / acceso a capitales
El efecto climatológico ¿Cómo el comportamiento del clima puede afectar algunas variables del marketing mix[3] del producto? ¿Cómo se pueden minimizar los riesgos o aprovechar las oportunidades?
La tecnología ¿La tecnología que se usa va a la par con lo que se presenta en la actualidad, como avanza la tecnología del sector? ¿Cómo está el know how? ¿Se vienen nuevos competidores?

Las respuestas a las preguntas formuladas forman parte de una segunda fase del proyecto de investigación. La implementación de

[3] El marketing mix es el uso selectivo de las diferentes acciones con que cuenta el marketing para lograr los objetivos de venta de un determinado producto. Es una estrategia donde se combinan las cuatro variables controlables que una compañía regula para obtener ventar efectivas: precio, producto, distribución y promoción.

la propuesta en el área de mercado está sujeta a la continuidad que debe darse al presente trabajo de investigación, porque la sostenibilidad reflejada en el documento, y a lo largo del desarrollo del proyecto, pasa por prestar una especial atención al área de mercados, lo cual genera no solo las utilidades que en este caso se plantea para la Asociación de Productores (municipio de Pampa Aullagas y Salinas de Garci Mendoza), sino la *sostenibilidad*.

8.13 Presupuesto del proyecto

Resumen presupuestario general

En el cuadro 41 se muestra el resumen presupuestario del proyecto.

Desglose presupuestario

En las siguientes tablas se desglosan los presupuestos por insumos para cada uno de los ítems que compone el proyecto:

Resumen de insumos (semilla de forraje de corte)

Nº	Descripción	Unid.	Cantidad para 800 m^2	Unit (Bs.)	Parcial (Bs.)	Socios beneficiarios	Cantidad total (kg)	Costo Total (Bs.)
1	Semilla cebada	kg	8	6	48,00	630	5.040	30.240,00
2	Semilla avena	kg	7	6	42,00	630	4.410	26.460,00
3	Semilla triticale	kg	8	6	48,00	630	5.040	30.240,00
Total (Bs.)					**138,00**	--	--	**86.940,00**
Total ($us) 1 $us = 7,07 Bs.					**19,52**	--	--	**12.297,03**

Resumen de insumos (herramientas y equipos)

Nº	Descripción	Unid.	Cantidad por Hectárea	Unit (Bs.)	Parcial (Bs.)	Socios beneficiarios	Cantidad total (kg)	Costo Total (Bs.)
1	Alq. maq. para roturado	Hrs.	4	250	1.000,00	630	2.520	630.000,00
Total (Bs.)					**1.000,00**	--	--	**630.000,00**
Total ($us) 1 $us = 7,07 Bs.					**141,44**	--	--	**89.108,91**

Cuadro 41
Resumen presupuestario del proyecto

Nº	Descripción	Sub-total (Bs.)	Financiamiento (Bs.)		Total (Bs.)
			Beneficiarios	Financiador	
1	Semilla de forraje de corte	86.940,00	--	86.940,00	86.940,00
2	Herramientas y equipos	630.000,00	--	630.000,00	630.000,00
3	Transporte de materiales e insumos	391.860,00	--	391.860,00	391.860,00
4	Capacitación y extensión agrícola	246.036,00	--	246.036,00	246.036,00
5	Semillas no locales	129.780,00	--	129.780,00	129.780,00
6	Materiales no locales	2.400,00	--	2.400,00	2.400,00
7	Materiales locales	315.000,00	315.000	--	315.000,00
8	Mano de obra no calificada	1.587.600,00	1.587.600	--	1.587.600,00
9	Mano de obra + Apoyo de maquinaria	856.800,00	--	856.800,00	856.800,00
10	Estudio de mercado	82.484,00	--	82.484,00	82.484,00
Costo total del proyecto en (Bs.)		**4.328.900,00**	**1.902.600,00**	**2.426.300,00**	**4.328.900,00**
Costo total del proyecto en ($us) 1 $us = 7,07 Bs.		**612.291,37**	**269.108,91**	**343.182,46**	**612.291,37**
Aporte en porcentaje (%)		**100**	**43,70**	**56,30**	**100**

Fuente: Elaboración propia.

Resumen de insumos (transporte de materiales e insumos)

Nº	Descripción	Unid.	Cantidad por Hectárea	Unit (Bs.)	Parcial (Bs.)	Socios beneficia-rios	Cantidad total (kg)	Costo Total (Bs.)
1	Trans. mat. e insumos	Global	1	2	2,00	630	630	1.260,00
2	Trans. estiércol	Tn	1	620	620,00	630	630	390.600,00
Total (Bs.)					**622,00**	--	--	**391.860,00**
Total ($us) 1 $us = 7,07 Bs.					**87,98**	--	--	**55.425,74**

Resumen de insumos (capacitación y extensión agrícola)

Nº	Descripción	Unid.	Cantidad por Hectárea	Unit (Bs.)	Parcial (Bs.)	Socios beneficia-rios	Cantidad total (kg)	Costo Total (Bs.)
1	Visita familiar	Día	700	251,28	175.896	--	--	--
2	Reunión comunal	Evento	120	276,50	33.180	--	--	--
3	Cur. capacitación	Evento	24	1.540,00	36.960	--	--	--
Total (Bs.)					**246.036**	--	--	--
Total ($us) 1 $us = 7,07 Bs.					**34.800**	--	--	--

Resumen de insumos (semillas no locales)

Nº	Descripción	Unid.	Cantidad por kg	Unit. (Bs.)	Parcial (Bs.)	Socios beneficiarios	Cantidad total (kg)	Costo Total (Bs.)
1	Semilla cebadilla	kg	2	48	96,00	630	1.260	60.480,00
2	Sem. pasto llorón	kg	1	110	110,00	630	630	69.300,00
Total (Bs.)					**206,00**	--	--	**129.780,00**
Total ($us) 1 $us = 7,07 Bs.					**29,14**	--	--	**18.356,44**

Resumen de insumos (materiales no locales)

Nº	Descripción	Unid.	Cantidad	Unit. (Bs.)	Parcial (Bs.)	Nº niveles en A	Cantidad bolillos	Costo Total (Bs.)
1	Bolillo 2” de 3 ml	Pza	3	8	24,00	100	300	2.400,00
Total (Bs.)					**24,00**	--	--	**2.400,00**
Total ($us) 1 $us = 7,07 Bs.					**3,39**	--	--	**339,46**

Resumen de insumos (materiales locales - estiércol)

Nº	Descripción	Unid.	Cantidad	Unit. (Bs.)	Parcial (Bs.)	Socios beneficiarios	Cantidad total (hrs.)	Costo Total (Bs.)
1	Estiércol llama	Tn	1	500	500,00	630	630	315.000,00
Total (Bs.)					**319.032,00**	--	--	**315.000,00**
Total ($us) 1 $us = 7,07 Bs.					**45.124,75**	--	--	**44.554,46**

Resumen de insumos (mano de obra no calificada)

Nº	Descripción	Unid.	Cantidad	Unit. (Bs.)	Parcial (Bs.)	Socios beneficiarios	Cantidad total (hrs.)	Costo Total (Bs.)
Excavación de zanja de infiltración								
1	Demarcación zanja nivel A	Día	5	40	200,00	630	3.150	126.000,00
2	Exc. zanja 0,50 x 0,40 x 750 ml (peón)	Día	47	40	1.880,00	630	29.610	1.184.400,00
Abonado de la pradera								
3	Acopio de est. llama (1 Tn)	Día	4	40	160,00	630	2.520	100.800,00
4	Traslado de est. a la pradera	Día	2	40	80,00	630	1.260	50.400,00
5	Asperjado del estiércol	Día	1	40	40,00	630	630	25.200,00
Siembra de semilla en camellones								
6	Apertura surcos camellones	Día	2	40	80,00	630	1.260	50.400,00
7	Siembra de semilla	Día	1	40	40,00	630	630	25.200,00
8	Protección de la semilla	Día	1	40	40,00	630	630	25.200,00
Cosecha de semilla								
9	Iden. Del área de cosecha	Día	1	40	40,00	630	630	25.200,00
10	Cosecha de semilla (5 kg)	Día	5	40	200,00	630	3.150	126.000,00
11	Selección de la semilla	Día	2	40	80,00	630	1.260	50.400,00
12	Almacenado de la semilla	Día	1	40	40,00	630	630	25.200,00
Total (Bs.)					**2.520,00**	--	--	**1.587.600,00**
Total ($us) 1 $us = 7,07 Bs.					**356,44**	--	--	**224.554,46**

Resumen de insumos (mano de obra más apoyo de maquinaria)

Nº	Descripción	Unid.	Cantidad	Unit. (Bs.)	Parcial (Bs.)	Socios beneficiarios	Cantidad total (hrs.)	Costo Total (Bs.)
Resiembra entre zanja y zanja								
1	Arado de terreno	Día	25	40	1.000,00	630	15.750	630.000,00
2	Mullido del terreno	Día	5	40	200,00	630	3.150	126.000,00
3	Apertura de surcos y siembra	Día	4	40	160,00	630	2.520	100.800,00
Total (Bs.)					**1.360,00**	--	--	**856.800,00**
Total ($us) 1 $us = 7,07 Bs.					**192,36**	--	--	**121.188,12**

Resumen de insumos (estudio de mercados)

Nº	Descripción	Unid.	Cantidad	Unit. (Bs.)	Parcial (Bs.)	Socios beneficiarios	Cantidad total (hrs.)	Costo Total (Bs.)
1	**Personal**				**48.500,00**	--	--	--
	Responsable	Mes	3	9.500,0	28.500,00	--	--	--
	Técnico de campo	Mes	2	10.000,0	20.000,00	--	--	--
2	**Viáticos y transporte**				**5.400,00**	--	--	--
	Responsable	Día	40	50,0	2.000,00	--	--	--
	Técnico de Campo	Día	50	50,0	2.500,00	--	--	--
	Pasajes			900,0	900,00	--	--	--
3	**Materiales e insumos**				**28.584,00**	--	--	--
	Material	Varios	1	6.500,0	6.500,00	--	--	--
	Fotocopias e impresión	Varios	1	6.500,0	6.500,00	--	--	--
	Alquiler movilidad	Día	28	380,0	10.640,00	--	--	--
	Combustible	Lts	540	3,6	1.944,00	--	--	--
	Otros			3.000,0	3.000,00	--	--	--
Total (Bs.)					**82.484,00**	--	--	--
Total ($us) 1 $us = 7,07 Bs.					**11.666,76**	--	--	--

8.14 Cronograma de actividades

Cronograma general del proyecto

En el cuadro 42 se describe el cronograma general del proyecto.

8.15 Cronograma de capacitación y extensión agrícola

En el cuadro 43 se describe el cronograma de capacitación y extensión agrícola del proyecto.

Cuadro 42
Cronograma de actividades del proyecto

Item	Actividad			Gestión 2011												Gestión 2012												Meta
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	
	Fase de organización																											
	Organización y firma de convenios con beneficiarios	10	10					40	40																			**100**
	Diagóstico inicial de praderas nativas		10	10					20	60																		**100**
1	**Excavación de zanjas de infiltración**																											
1.1	Demarcación de zanja a zanja 1.500 ml/ha			20											80													**100**
1.2	Diseño con nivel “A”				20											80												**100**
1.3	Excavación de zanjas				10	10										20	40	20										**100**
1.4	Excavación de tabiques				10	10										20	40	20										**100**
2	**Abonado**																											
2.1	Acopio 1 Tn de estiércol de llama				20								40	40														**100**
2.2	Traslado del estiércol a la zona de la pradera				20								20	40	20													**100**
2.3	Asperjado dentro de la pradera					20										40	40											**100**

(Continúa en la siguiente página)

(Continuación de la anterior página)

Item	Actividad			Gestión 2011												Gestión 2012												Meta
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	
3	**Siembra de semilla en los camellones**																											
3.1	Realizar apertura de surcos en los camellones					20											40	40										**100**
3.2	Siembra de semilla					20											40	40										**100**
3.3	Cubierto de la semilla					20											40	40										**100**
4	**Resiembra entre zanja y zanja**																											
4.1	Arado del terreno						20										40	40										**100**
4.2	Mullido del terreno						20										40	40										**100**
4.3	Apertura de surco y siembra						20										40	40										**100**
5	**Cosecha de semillas**																											
5.1	Identificación del área de cosecha									80											10	10						**100**
5.2	Cosecha de semillas de 5 kilos			3x40	3x40					40	40												10	10				**100**
5.3	Selección de la semilla										40	40												10	10			**100**
5.4	Almacenado de la semilla												80												20			**100**
6	**Fase de conclusión**																											
6.1	Evaluación final de praderas nativas																								10	40	50	**100**

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 43
Cronograma de actividades del proyecto

Extensión y capacitación comunitaria	Año 1												Año 2											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Visitas familiares	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Asistencia a reuniones	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Cursillos		■							■						■							■		

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

Humus de lombriz para mejorar la fertilidad de suelos

---

1. Antecedentes

La productividad sostenida sobre la base del manejo de la fertilidad natural del suelo, propio de una agricultura autosustentable, permite atenuar la dependencia de los fertilizantes químicos, disminuyendo el impacto de la explotación sobre el ecosistema. Las prácticas de manejo que se realicen para alcanzar este objetivo, sobre todo en predios campesinos con limitados recursos de capital, deben considerar la importancia que tiene el nivel de materia orgánica en la fertilidad natural del suelo, así como los cambios que se producen en ella con las prácticas realizadas. La mantención de la materia orgánica del suelo cultivado en un nivel definido es uno de los problemas de la agricultura, especialmente en suelos sometidos a sistemas de cultivo intensivo, donde se emplea quema de rastrojos o no hay incorporación de los residuos de cosecha, además de una sobreutilización del suelo. Aunque las grandes dosis de fertilizantes minerales y el uso de métodos convencionales aumentan los rendimientos, a la vez, se intensifica la actividad microbiológica, acelerando los procesos de degradación de la materia orgánica del suelo.

Ya revisamos en anteriores páginas las estadísticas y las posibles incidencias y proyecciones de las actuales actividades agrícolas de la quinua en un futuro próximo, que demuestran que se está haciendo un uso intensivo de la tierra, que la agotan y empobrecen, poniendo en peligro su equilibrio y su fertilidad. Por este motivo, es necesario plantear diversas soluciones que apunten a aliviar las consecuencias de dichas acciones, revirtiendo los daños que estas causan en la tierra. Una de ellas es la utilización de residuos orgánicos.

La incorporación de residuos orgánicos agropecuarios al suelo para mejorar la fertilidad natural y, por lo tanto, la productividad, depende de las exigencias nutricionales que presente el cultivo, del grado de estabilización de los desechos aplicados y del valor fertilizante que tengan los residuos, especialmente su contenido de nitrógeno. El uso de estos abonos presupone un incremento de la capacidad de suministro de nitrógeno del suelo fertilizado, en una proporción variable pero relacionada a la cantidad de N orgánico incorporada. Este último será liberado, vía mineralización, a una tasa y oportunidad determinadas fundamentalmente por la capacidad de mineralización del sistema, dosis aplicada y por la naturaleza y composición del material incorporado.

El humus es un abono orgánico que provine de la actividad de las lombrices rojas californianas sobre material orgánico, es de color café oscuro, granulado, homogéneo e inodoro. Aporta materia orgánica, nutrientes y materiales enraizantes en forma natural, mejora la retención de humedad, la aireación y cohesión de las partículas del suelo, mejorando su estructura (haciéndola más permeable al agua y al aire). Favorece la actividad biológica y protege a las plantas de hongos y bacterias perjudiciales. Neutraliza la presencia de contaminantes (insecticidas y herbicidas), debido a su capacidad de absorción. Posee una alta bioestabilidad, ya que no da lugar a fermentación y putrefacción.

2. Justificación

La lombricultura es una biotecnología limpia, de bajo costo, fácil de desarrollar y al alcance de cualquier familia o productor del ámbito agro-industrial que desee valorizar su residuo orgánico biodegradable (restos de cosecha y estiércoles) para convertirlo en abono [humus y proteínas (lombrices)]. El humus de lombriz es un bio-fertilizante producido por la lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) mediante la digestión de sustancias orgánicas en descomposición. Posee óptima actividad fitohormonal que, en condiciones favorables, coadyuva a obtener indicadores productivos elevados y eficientes, siendo estas algunas de sus ventajas:

- Produce un aumento del tamaño de las plantas, arbustos y árboles, protege de enfermedades y cambios bruscos de humedad y temperatura durante todo el año.
- Su elevada solubilización, debido a la composición enzimática y bacteriana, proporciona una rápida asimilación por las raíces de las plantas.
- Contiene 4 veces más nitrógeno, 25 veces más fósforo y dos veces y medio más potasio que el mismo peso de estiércol de bovino.
- Posee una elevada carga microbiana del orden de los 20 mil millones por gramo, contribuyendo a la protección de la raíz de bacterias y nematodos.
- Produce hormonas como el ácido indol acético y ácido giberélico, los cuales estimulan el crecimiento y las funciones vitales de la planta.
- Evita y combate la clorosis férrica, facilita la eficacia del trabajo mecánico, aumenta la resistencia a las heladas y favorece la formación de micorrizas.
- Al tener un pH neutro, no presenta problemas de dosificación ni fototoxicidad, por lo cual es posible aumentar la dosis recomendada.
- Puede ser aplicado en toda época del año, extendiéndose sobre la superficie del terreno y haciendo que posteriormente toda la flora bacteriana se incorpore rápidamente al suelo.
- Posee una alta superficie específica, lo que se traduce en una mayor superficie de contacto que permita tener más agua, disminuyendo así la frecuencia de riego.

Como antecedentes de trabajo en manejo de humus, se tiene al proyecto Manejo Integral y Sostenible de Llamas PCI (MIS-Llamas II), el cual ha implementando ocho módulos para producción de humus de lombriz con el propósito de incorporar este en la agricultura, principalmente en la producción de quinua orgánica y que las familias criadoras de llamas puedan hacer mejor aprovechamiento del estiércol de los corrales maternidad. El cuadro 44 muestra los

resultados de un análisis económico en producción de quinua obtenido con la incorporación de humus y sin humus de lombriz.

Cuadro 44
Análisis económico en producción de quinua

Actividades del cultivo	Uni-dad	Sin humus			Con humus		
		Cant.	Precio Unit. Bs.	Total Bs.	Cant.	Precio Unit. Bs.	Total Bs.
Gastos							
Roturado de terreno	ha	1	220	220	1	220	220
Aplicación de guano	Jornal	4	25	100	0	0	0
Siembra	Jornal	5	25	125	5	25	125
Aplicación de humus	Jornal	0	0	0	4	25	100
Pisnado (sombreado)	Jornal	3	25	75	3	25	75
Deshierbe	Jornal	3	25	75	3	25	75
Fumigado	Jornal	2	25	50	3	25	75
Cosecha y emparvado	Jornal	6	25	150	11	25	275
Trillado	Jornal	3	25	75	5	25	275
Venteado y clasif.	Jornal	3	25	75	5	25	125
Otras actividades	Jornal	10	25	250	16	25	125
Comercialización	Jornal	1	25	75	1	150	400
Subtotal				**1.270**	--	--	**1.745**
Insumos							
Humus	QQ	0	0	0	37,0	80	2.960
Guano	Camión	3,00	500	1.500,0	0,0	0	0
Semilla	lb	10,00	5	50,0	10,0	5	50
Extracto de pireto	lt	0,25	150	37,5	0,5	150	75
Subtotal				**1.588,0**	--	--	**3.085**
Total Gastos				**2.858,0**	--	--	**4.830**
Ventas							
Quinua	QQ	23	350	8.050	39	350	13.650
Broza de quinua	QQ	6	5	30	10	5	50
Total ventas				**8.080**	--	--	**13.700**
Ingresos				**5.223**	--	--	**8.870**

Fuente: Centro de Investigación y Promoción Educativa (CIPE).

De acuerdo a los resultados, se puede rescatar que el ingreso por hectárea de quinua de un productor es mayor con humus de lombriz que sin la aplicación de este; vale decir que, con la aplicación de humus de lombriz, se incrementan los ingresos económicos del productor ascendiendo a 8.870 Bs., comparados con los 5.223 Bs. que se obtiene sin la aplicación de humus de lombriz. En base a esta experiencia es que se propone la presente propuesta como alternativa para mejorar e incrementar la producción de quinua orgánica en la provincia Ladislao Cabrera como una propuesta más de adaptación al cambio climático y al incremento de la seguridad alimentaria de los agricultores de la zona.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Mejorar la calidad de estiércol de llama, dando un valor agregado con la incorporación de lombrices para la producción de humus y el uso en la agricultura orgánica.

3.2 Objetivos específicos

- Implementar 75 módulos de producción de humus por lombrices.
- Promover el acopio y uso efectivo del estiércol de llama de los corrales, para la producción de humus de lombriz.
- Desarrollar capacidades técnicas en las familias para la crianza de lombrices bajo un ambiente controlado en la producción del humus.
- Promover el empleo del humus en la agricultura orgánica, principalmente quinua.
- Desarrollar intercambio de experiencias entre familias productoras de humus para promover la biotecnología y resultados.

4. Indicadores

Con la ejecución del proyecto se espera contar con 75 módulos de producción de humus de lombriz, atendiendo igual número de familias.

5. Criterios de selección

Para seleccionar a los socios beneficiarios, se trabajará de manera conjunta con los gobiernos municipales, dirigentes comunales, cantonales y de las markas, con quienes, en acuerdo mutuo se seleccionarán a las familias para el proyecto según los criterios que se plantean en el cuadro 45.

Cuadro 45
Criterios de selección

Sociales	Técnicos
• Permanencia en la comunidad. • Participación voluntaria en el proyecto, por lo menos por 3 meses. • Voluntad de trabajar en forma colectiva con otras personas y en asociación (ayni). • Socios que tengan la inquietud de juntar la cadena de producción de quinua con la de camélidos.	• Ser propietario de la superficie 80 m^2 disponible para la implementación del lombricario. • Tener la disponibilidad de acceso a materiales locales como ser: piedra, arena, grava, paja y estiércol. • Tener una visión de mejora y cambio para transformar materia prima (estiércol de llama) para optimizar en el uso de la agricultura. • Disponibilidad de agua permanente en los predios para la producción del humus de lombriz.

Fuente: PCI.

6. Ingeniería del proyecto

6.1 Localización del proyecto

El proyecto se localiza en la provincia Ladislao Cabrera. Los municipios que se benefician con la implementación de la infraestructura son aquellos con potencial productivo de la quinua y otras especies agrícolas que se desarrollan en el sector, siendo estos los municipios de Salinas de Garci Mendoza y Pampa Aullagas. Las familias socias serán identificadas bajo criterios de selección establecidos por la oficina regional para que se puedan beneficiar con el proyecto.

6.2 Descripción del proyecto

El proyecto tiene prevista la implementación de módulos de lombricultura con el propósito de generar las capacidades técnicas y productivas en las familias socias que permitan optimizar el uso efectivo del estiércol de la llama y el humus en la producción agrícola. Las familias socias se seleccionarán de acuerdo a criterios sociales y técnicos, seguimiento in-situ en el proceso de implementación y generación de la biotecnología para promover esta experiencia en otras familias y, de esta forma, hacer un uso sostenible de los derivados de la llama (estiércol) que hasta el momento no son aplicados por la falta de conocimientos del beneficio que brindan a la agricultura.

6.3 Módulo de lombricultura

El módulo de lombricultura es una infraestructura productiva construida con materiales locales para la crianza de lombrices y la producción de humus con el estiércol de llama. Se trata de biotecnología que permite la adopción y uso elementos naturales en la agricultura orgánica.

Construcción módulos de lombriz

Para la producción de humus de lombriz óptimo, es importante contar con una infraestructura que brinde temperatura y humedad adecuadas para la crianza de las lombrices durante el proceso de producción. Por lo tanto, para encarar la implementación de la infraestructura, se desarrollarán las siguientes actividades. La imagen 3 muestra los detalles para la construcción de los módulos de lombriz.

a) Ubicación

- Contar con derecho propietario de terreno.
- Hallarse cerca de la vivienda familiar para mejor control en el manejo y la provisión del estiércol.
- Priorizar la ubicación del módulo de lombriz, que esté cerca de una pileta para la provisión de agua. De esta forma se facilita la preparación de compost-alimento y el riego a los camellones de producción de humus.

b) Acopio de materiales locales

- Acopio de piedra bruta, para la construcción de los muros.
- Acopio de arena común, para la construcción de cordón superior en muros de hormigón ciclópeo HoCo.
- Acopio de tierra seleccionada, que será utilizada en las nivelaciones de la poza.

c) Replanteo y excavación de terreno

- Replanteo del módulo de lombriz, según dimensiones en planos de construcciones utilizando herramientas y materiales como hilo, cinta métrica, estacas de madera y cal para la demarcación de ejes.
- Excavación de suelos semi-duros de acuerdo a replanteo, tomando las dimensiones de 1,80 m de ancho, 8,20 m de largo y 0,80 m de profundidad.

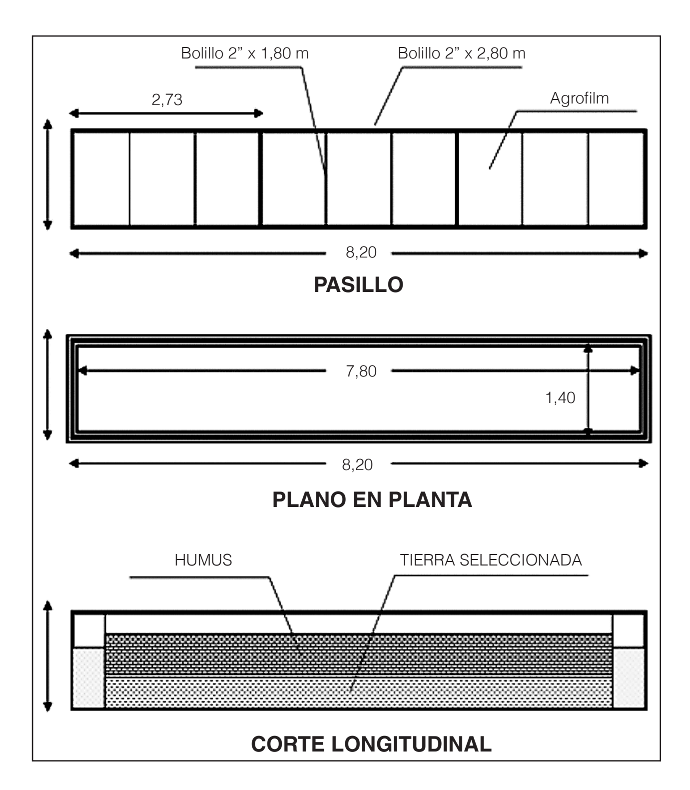
d) Construcción de muros

- Elevación del muro de protección con piedra bruta hasta alcanzar una altura de 0,80 m (nivel del suelo), con fines de evitar las socavaciones en las paredes de tierra.
- Elevación del muro de protección y cordón de hormigón ciclópeo (HoCo) hasta alcanzar una altura de 0,20 m (por encima del nivel del suelo), con fines de evitar el ingreso de la tierra a la fosa de lombriz.

e) Cubierta del módulo de lombriz

- Para cubrir la platabanda se utilizará material plástico (agrofilm), con el fin de evitar la evaporación de la humedad de los camellones en el proceso de producción del humus.

Imagen 2
Plano de construcción de los módulos de lombriz



Preparación de compost (alimento para lombrices)

La lombriz es esencialmente una especie doméstica. En su origen es un gusano con hábitat en la tierra, que progresivamente se ha adaptado a una gama bastante amplia y diferente de alimentos.

La lombriz puede ingerir toda clase de estiércol animal (sobre todo herbívoros), materiales vegetales en putrefacción, residuos orgánicos y otros alimentos de residuos industriales. Los alimentos que resultan ser mejores que otros son por las sustancias que contienen (proteínas, vitaminas, celulosa y sales minerales).

a) Consideraciones de los tipos de los estiércoles para producción de compost

- Lo primero que se realizará será acopiar estiércol en una fuente garantizada, que debe ser de buena calidad: esto significa que principalmente debe tener una adecuada edad, tiempo de su deposición y que sea puro en el sentido de no tener contaminaciones extrañas como tierra, piedras, arena, insectos dañinos, etc. El cuadro 46 muestra la producción anual de estiércol de algunos animales.

Cuadro 46
Producción anual de estiércol de animales

Estiércol	Peso Animal (kg)	Estiércol producido
Vaca	200-250	500-600 kg/año
Oveja	15-25	125-165 kg/año
Llama	90-100	300-400 kg/año
Burro	100-200	200-300 kg/año

Fuente: Severo Rojas, 1996.

- Para la preparación del compost-alimento de las lombrices, se considerarán tiempos de envejecimiento, que los estiércoles deben cumplir antes de ser empleados. El cuadro 47 detalla los tiempos de envejecimiento del estiércol para diferentes tipos de ganado.

Cuadro 47
Tiempo de envejecimiento de estiércol

Estiércol	Tiempo
Vacuno	20 días
Ovino	20-30 días
Camélido	20 días
Equino	40-60 días
Conejo	Aplicación inmediata

Fuente: Severo Rojas, 1996.

- Para la siembra y/o cultivo de lombrices, es importante tomar en cuenta los parámetros que se señalan en el cuadro 48. El proyecto enseñará a los socios a determinar la humedad utilizando el puño de la mano y, en el caso del pH, con el papel pH.

Cuadro 48
Análisis de alimentos para siembra de las lombrices

Estiércol	Humedad	pH	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Vaca	12,56	9,08	1,74	0,39	0,63
Oveja	4,69	8,62	1,65	0,13	0,47
Llama	22,48	8,98	1,08	0,03	0,11
Burro	14,84	7,86	0,80	0,11	0,37

Fuente: Severo Rojas, 1996.

b) Proceso de preparación de compost

1. Primera fase

El estiércol recogido de los corrales es depositado en las composteras, previa limpieza, donde se coloca la materia prima (estiércol) con una altura de 20 cm. Luego se humedece el estiércol, saturándolo de agua. Este proceso se realizará en un tiempo de 1 a 2 días, teniendo cuidado de que no exista escurrimiento por la base. Esta precaución es importante para evitar la pérdida de substancias nutritivas como: nitrógeno, fósforo, potasio, etc.

2. Segunda fase

Compost-alimento corresponde al proceso de fermentación después de la primera fase. Se debe tener cuidado que la temperatura no llegue a aumentar demasiado (más de 60º C), por el riesgo de quemadura del compost-alimento. Para ello, el productor debe realizar una verificación constante y crear espacios vacíos para facilitar una aireación adecuada. Luego de haber hecho fermentar en el tiempo de 20 a 30 días, el

compost-alimento se encuentra listo para su aplicación; en este momento la temperatura se estabilizará en el rango de 20 a 25 ºC y el pH es casi neutro (6,5 a 7,2). Para determinar la temperatura adecuada, se desarrollará la utilización del tacto (mano) y el pH será determinado en las dos primeras preparaciones del compost-alimento mediante un pH-metro.

3. Prueba de sobrevivencia y selección de tratamientos

Cuando se prepara por primera vez un alimento utilizando nuevos ingredientes o en cualquier circunstancia en que se pueda tener alguna duda sobre la calidad del mismo, es indispensable hacer una prueba de sobrevivencia antes de aplicar dicho compost-alimento a la cama. Para ello, se llena un recipiente que tenga la parte superior abierta con el nuevo alimento preparado cuya cantidad queremos probar. Luego extraemos 50 lombrices de los surcos y/o camas y las depositamos en el recipiente antes indicado. Pasadas las 24 horas se verifica si las 50 lombrices se encuentran en condiciones óptimas de salud. La falta de una sola lombriz o la muerte de una de ellas determina que el compost-alimento es de mala calidad, por lo que se debe proceder a la revisión del pH del alimento. Tomando en cuenta el proceso de prueba, va a ser importante para el productor determinar la calidad del compost-alimento y adoptar la destreza.

Aplicación del compost-alimento y siembra de lombrices

Una vez realizada la prueba de sobrevivencia de lombrices para el compost-alimento adecuado y de buena calidad, se procede a realizar:

a) Siembra de lombrices

El compost-alimento se trasladará y se depositará en las camas. En la primera carga o la carga de instalación se deberá llegar a una altura de 10 cm. Luego se hace la incorporación inmediata (siembra y/o cultivo o inoculación) de lombrices con la cantidad requerida en base al área del criadero.

b) ***Segunda carga***

Esta se realizará después de dos semanas. En el lapso de este tiempo, la primera carga llega a una altura de 5 cm de espesor.

c) ***Tercera carga***

Se realizará calculándose unas 5 carretillas de compost-alimento dando un espesor de 5 cm por cama. La alimentación se realizará una vez a la semana aplicando 4 veces al mes, hasta alcanzar una producción adecuada de humus. Al final del proceso, las camas de producción de humus van tomando la forma de camellones.

Riego y aireación

El riego y la aireación es una operación que se efectúa cada día. La humedad debe ser tal, que pueda ser absorbida, las lombrices carecen de dientes; por lo tanto si el lecho está seco; no pueden comer. Una humedad excesiva por encima del 85% es dañina para la lombriz y una humedad baja, por debajo del 50%, disminuye la actividad del anélido, pues en estas condiciones es muy difícil asimilar la comida y moverse en el interior del cultivo. Entonces, la humedad óptima es del 70% - 80%. Una vez que las lombrices van a ser incorporadas a su nuevo medio de vida, se debe:

- Velar por una adecuada relación de humedad-aireación y esto se consigue mediante un manejo cuidadoso de la humedad, la cantidad y la frecuencia de riego.
- Cuidar que el riego se realice en forma de lluvia para el mojado uniforme del camellón.
- Cuidar que mediante las condiciones anteriores al camellón se brinde la mejor aireación al interior del medio; porque las lombrices son un organismo aeróbico, que necesita de aire y, por lo tanto, el medio en el que viven no tiene que estar compactado.

- Controlar el ambiente, temperatura y humedad (los medios para hacer el control se basarán en los títulos de preparación de compost-alimento y en la riego-aireación). Las lombrices son operarios que trabajan incesantemente durante las 24 horas del día y los 12 meses del año.

6.4 Recuperación de lombrices

La recuperación o cosecha final de lombrices se realizará al final del proceso, para lo cual se prepara el "compost-alimento-trampa" extendiéndolo en todo el camellón con un espesor de 10 cm, cubriendo la totalidad del camellón hasta los bordes. Como las lombrices están hambrientas, saldrán a comer a la superficie, en el lapso de 24 horas. Al término de este tiempo, se recogerá íntegramente todas las lombrices, separándolas y recuperándolas del humus en su totalidad. Las lombrices recuperadas se depositan en otro camellón y/o cama nueva para iniciar un nuevo ciclo de crianza de lombrices y producción de humus.

Cosecha de humus

- El producto de las defecaciones de la lombriz representa el humus. Por su generalidad, se manejará por el tiempo de 6 meses, obteniendo así una buena producción de humus. La extracción del humus se realiza de forma manual.
- Para bajar el porcentaje de humedad de humus, se procede al secado bajo sombra, hasta alcanzar un porcentaje de 30-35% de humedad.
- Posteriormente se realiza el cernido del humus con una zaranda y se desterrona hasta obtener un producto fino.
- La calidad que debe alcanzar el humus de acuerdo al análisis físico-químico óptimo es como se muestra en el cuadro 49, a través de un laboratorio:

Cuadro 49
Análisis físico-químico del humus

Humedad	30-35%
Ph	6,5-7,2%
Materia Orgánica	68,51%
Cenizas	48,92%
N	3,11%
P_2O_5	0,11%
K_20	0,75%
Ca	5,98%
Mg	0,80%
Fe	0,84 ppm
Mn	0,05 ppm
C/N	12-15
Carga microbiana (colonias/gr)	
Bacterias	$6,0x10^{-10}$
Hongos	$1,5x10^{-5}$
Actinomicetes	$2,2x10^{-5}$
Proteína (harina de lombriz)	

Fuente: Severo Rojas, 1996.

Almacenamiento

Lo deseable es que la aplicación de humus al campo de cultivo se haga de inmediato, de modo que el producto no pierda humedad y, por lo tanto, calidad. Sin embargo, es posible almacenar el humus por un tiempo razonable, bajo las siguientes condiciones:

- Embolsar en polietileno y / o bolsas plásticas para conservar la humedad y la actividad microbiana.
- Almacenar en rumas o filas de sacos de cinco hileras, unos encima de otros para evitar la compactación en ambiente bajo sombra.
- Almacenar por no más de siete meses en espacio seco.

Rendimiento del humus

La relación del rendimiento del humus es de 10 a 6; es decir, el 60% para la producción de humus y el 40% es para sustento o alimento de la lombriz. De cada 100 kg de compost-alimento que se aplique, la lombriz utiliza para su metabolismo 40 kg y excreta 60 kg; es decir que se produce 60 kg de humus.

6.5 Producción de humus y superficie cultivable

El proyecto pretende incorporar en 6 meses de producción por cada módulo, un total de 923 kg de humus para una superficie de 1.678 $m^{2,}$ los cuales pueden ser utilizados en el abonamiento de cultivos más exigentes en suelo. Al cabo de un año, la producción de humus se incrementa a 2.998 kg, para una superficie de 5.450 m^2. Esto se observa en el cuadro 50, de acuerdo a los meses del año.

6.6 Aplicación del humus de lombriz en la agricultura

Para la producción ecológica que se refiere a nutrir el suelo mediante la aplicación de materiales orgánicos diversos que intensifiquen la actividad de los microorganismos y favorezcan el desarrollo de las plantas, se realizará lo siguiente:

- Contar con un plan de mantenimiento e incremento de la fertilidad de los suelos, procurando la incorporación de materia orgánica (humus) y la estimulación de la actividad biológica.
- Aplicar el humus de la lombriz (abono orgánico) a la base de la planta, en contacto directo con las raíces más superficiales: en casos que tengan riego, se aplicará el riego para facilitar la absorción por parte de los capilares. Sin embargo, la absorción dependerá básicamente del tipo de suelo y cultivo.
- Aplicar 300 a 800 gramos/humus/m^2 de superficie para obtener la producción óptima en los cultivos.

Como resultado de varias experiencias de trabajos realizados por las instituciones entendidas en el rubro, se han mostrado muchas ventajas del humus en la mejora del suelo, siendo estas:

Cuadro 50
Producción de humus y superficie cultivable

Reproducción:	32% mes
5 kg:	5.000 lombrices
1 kg de lombriz:	consume 1 kg de estiércol en 24 hrs.
Densidad:	50.000 lombrices/ m²
Relación de producción:	10 a 6
Superficie de producción:	11 m²

Descripción	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12
Adultos	5.000	5.000	5.000	5.000	6.600	8.200	9.800	11.912	14.536	17.672	21.484	26.135,00
Crías	--	1.600	1.600	1.600	2.112	2.624	3.136	3.812	4.652	5.655	6.875	8.363,00
Crecimiento	--	--	1.600	1.600	1.600	2.112	2.624	3.136	3.812	4.652	5.655	6.875,00
Madurez	--	--	--	1.600	1.600	1.600	2.112	2.624	3.136	3.812	4.652	5.655,00
N° lombrices consumo	5.000	5.800	7.400	9.000	10.856	13.224	16.104	19.578	23.810	28.963	35.228	42.847,00
Estiércol consumido (kg)	150	174	222	270	326	397	483	587	714	869	1.057	1.285,00
Humus producido (kg)	90	104,4	133,2	162	195	238	290	352	429	521	634	771,00
Humus producido (kg)	--	--	--	--	--	923	--	--	--	--	--	2.998,00
Humus (300-800 gr/m²)	--	--	--	--	--	0,55	--	--	--	--	--	0,55
Superficie m² con humus	--	--	--	--	--	1.678,30	--	--	--	--	--	5.450,00

Fuente: PCI.

- Aumentar la permeabilidad del suelo para cultivo.
- Corregir la cohesión, disminuyéndola en los suelos fuertes y aumentándola en los suelos frágiles.
- Aumentar la retención de la humedad.
- Mejorar el desarrollo radicular.
- Mejorar el intercambio gaseoso.
- Activar a los micro-organismos.
- Emplear en cualquier dosis, sin dañar a la planta más delicada, en razón que su pH es neutro.
- Estimular la fertilidad.
- Dar una coloración más vivaz.
- Regenerar la actividad bacteriana del suelo.
- Anticipar la floración.
- Esponjar el terreno aumentando las condiciones físicas.
- Permitir el riego menos frecuente.
- Aumentar la defensa inmunológica de las enfermedades.

6.7 Capacitación

Organización y planificación

La organización y planificación se realizan después de la identificación de las comunidades dependientes de la crianza de llamas y producción agrícola para su sustento diario. El proyecto, a través de su equipo técnico, participará en las reuniones comunales donde informará de las condiciones para la implementación de la actividad, como ser:

- La importancia del humus en la producción agrícola.
- La identificación de familias socias que tengan interés y voluntad de participar en el proyecto de lombrices, las cuales serán seleccionadas en base a criterios sociales y técnicos establecidos.

- El establecimiento de acuerdos y compromisos de trabajo con las familias identificadas bajo un convenio.

Capacitación del equipo técnico

La construcción del módulo de la lombriz se realizará mediante la modalidad de autoconstrucción por el socio beneficiario, quien recibirá para ello la asistencia técnica por personal del Proyecto. Por este motivo, para el inicio de la construcción del módulo de lombriz, se realizará en primera instancia una capacitación al personal operativo (operadores de campo y extensionistas), mediante la metodología de **aprender haciendo**, que contempla todas las fases constructivas, de las cuales, por su importancia, se realizará la construcción de un módulo de lombriz, que corresponderá a uno de los socios del área de intervención.

Capacitación a beneficiarios

Posteriormente a estas capacitaciones, cada operador de campo y extensionista replicará las capacitaciones a los socios beneficiarios en todas las etapas de construcción, según plan de capacitaciones para cada evento, desarrollando las temáticas que serán apoyadas con el material de información, educación y comunicación (IEC), como ser:

- Proceso de construcción de módulos productivos (publicación, excavación del terreno, construcción de muros de protección y la cubierta). De esta forma, se asegurará la calidad de la obra.
- Acopio de estiércol de llama y preparación de compost-alimento en la compostera.
- Siembra de lombrices en las camas nuevas de crianza de lombrices y producción de humus.
- Cosecha, almacenamiento y transporte de humus.
- Aplicación del humus de lombriz en la producción agrícola, principalmente en quinua.

Estos procesos de capacitación tendrán el objetivo de compartir destrezas y habilidades en la producción agrícola, empleando la biotecnología de la lombricultura.

7. Presupuesto y fuente de financiamiento

El presupuesto para la implementación de los módulos de lombrices toma en cuenta la participación de las familias socias y la fuente de financiamiento. El cuadro 51 muestra el presupuesto total requerido para la instalación de 75 módulos de producción de humus de lombriz.

Cuadro 51
Presupuesto total para la instalación de 75 módulos de producción de humus de lombriz

Nº	Descripción	Sub total (Bs.)	Financiamiento		Total (Bs.)
			Beneficiarios	Financiador	
1	Recursos humanos calificados	108.000	--	108.000	108.000
2	Materiales de construcción no local	52.137	--	52.137	52.137,50
3	Transporte de materiales no locales	22.500	--	22.500	22.500
4	Material no local (regadera)	1.875	1.875	--	1.875
5	Materiales locales de construcción	23.980,21	23.980,21	--	23.980,21
6	Mano de obra no calificada	55.125	55.125	--	55.125
Costo total del proyecto en (Bs.)		**263.617,71**	**80.980,21**	**182.637,50**	**263.617,71**
Costo total del proyecto en ($us) 1 $us = 7,07 Bs.		**37.286,80**	**11.454,06**	**25.832,74**	**37.286,80**
Aporte en porcentaje (%)		**100**	**43,70**	**56,30**	**100**

Fuente: Elaboración propia.

Los siguientes cuadros muestran el desglose del presupuesto por fuente de financiamiento para la producción de humus de lombriz.

Resumen de insumos (recursos humanos calificados)

Nº	Descripción	Unid.	Cantidad	Unit. (Bs.)	Parcial (Bs.)	Cantidad 75 fosas	Cantidad de material	Costo Total (Bs.)
1	Gerente de proyecto	Mes	12	4.000	48.000	1	12	48.000
2	Especialista de proyecto	Mes	12	3.000	36.000	1	12	36.000
3	Técnicos operarios	Mes	12	2.000	24.000	1	12	24.000
Total (Bs.)					**108.000**	--	--	**108.000**
Total ($us) 1 $us. = 7,07 Bs.					**15.275,81**	--	--	**15.275,81**

Resumen de insumos (material de construcción no local)

Nº	Descripción	Unid.	Cantidad	Unit. (Bs.)	Parcial (Bs.)	Cantidad 75 fosas	Cantidad de material	Costo Total (Bs.)
1	Agrofilm 250 micrones (ancho = 2 ml)	m^2	36	10,5	378	75	2.700	28.350
2	Lombrices	kg	5	12,0	60	75	375	4.500
3	Geotermómetro	Pza	1	150,0	150	10	10	1.500
4	pH metro	Pza	1	80,0	80	10	10	800
5	Cemento portland	Pza	3	52,5	157,50	75	225	11.812,50
6	Bolillo de 2" largo = 2,80 ml	Pza	6	6,0	36	75	450	2.700
7	Bolillo de 2" largo = 1.802 ml	Pza	6	4,0	24	75	450	1.800
8	Clavo 1"	Pza	0,25	18,0	4,5	75	18,75	337,50
9	Clavo 2"	Pza	0,25	18,0	4,5	75	18,75	337,50
Total (Bs.)					**894,50**	--	--	**52.137,50**
Total ($us) 1 $us = 7,07 Bs.					**126,52**	--	--	**7.374,47**

Resumen de insumos (transporte)

Nº	Descripción	Unid.	Cantidad	Unit. (Bs.)	Parcial (Bs.)	Cantidad 75 fosas	Cantidad de material	Costo Total (Bs.)
1	Transporte de materiales locales y no locales	Global	1	300	300	75	75	22.500
Total (Bs.)					**300**	--	--	**22.500**
Total ($us) 1 $us = 7,07 Bs.					**42,43**	--	--	**3.182,46**

Resumen de insumos

Nº	Descripción	Unid.	Cantidad	Unit. (Bs.)	Parcial (Bs.)	Cantidad 75 fosas	Cantidad de material	Costo Total (Bs.)
1	Regadera	Pza	1	25	25	75	75	1.875
Total (Bs.)					**25**	--	--	**1.875**
Total ($us) 1 $us = 7,07 Bs.					**3,54**	--	--	**265,21**

Resumen de insumos (materiales locales)

Nº	Descripción	Unid.	Cantidad	Unit. (Bs.)	Parcial (Bs.)	Cantidad 75 fosas	Cantidad de material	Costo Total (Bs.)
1	Arena común	m^3	0,30	40	12	75	22,50	900
2	Grava común	m^3	0,42	40	16,80	75	31,50	1.260
3	Piedra bruta	m^3	6,08	40	243,20	75	456	18.240
4	Tierra seleccionada	m^3	1,28	15	19,20	75	96	1.440
Total (Bs.)					**319,74**	--	--	**23.980,21**
Total ($us) 1 $us = 7,07 Bs.					**45,22**	--	--	**3.391,83**

Resumen de insumos (mano de obra no calificada)

Nº	Descripción	Unid.	Cantidad	Unit. (Bs.)	Parcial (Bs.)	Cantidad 75 fosas	Cantidad de material	Costo Total (Bs.)
1	Beneficiario	Hrs	147	5	735	75	11.025	55.125
Total (Bs.)					**735**	--	--	**55.125**
Total ($us) 1 $us = 7,07 Bs.					**103,96**	--	--	**7.797,03**

8. Cronograma de actividades

En el cuadro 52 se describe el cronograma general del proyecto humus de lombriz.

Cuadro 52
Cronograma de actividades del proyecto

Descripción	2011											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Acopio de piedra bruta 6 m³	■			■		■						
Acopio de arena y grava 1 m³	■			■		■						
Acopio de tierra seleccionada 1 m³	■			■		■						
Excavación de terreno 18 m³			■			■		■				
Construcción de los muros de piedra bruta			■			■		■				
Construcción de la corona del muro con hormigón ciclópeo			■			■		■				
Nivelación del piso al interior de la loza			■					■				
Preparado de Compost-Alimento				■				■		■		
Siembra de lombrices				■				■		■		
Acondicionamiento predio de infraestructura (nivelación y retiro de escombros)				■				■		■		

Fuente: Elaboración propia.

9. Sostenibilidad de la propuesta

La sostenibilidad de la propuesta contempla una fuerte y constante capacitación y asistencia técnica dirigidas a socios beneficiarios, particularmente en la etapa de implementación del proyecto. Para lograrlo, se espera formar alianzas estratégicas con instituciones públicas y privadas que estén trabajando en la temática quinua, territorialidad y desarrollo sostenible en la provincia Ladislao Cabrera, en el departamento de Oruro, en el país e, incluso, a nivel internacional. Algunas de las instituciones de las que actualmente se tiene información son:

- Universidad Técnica de Oruro
- Fundación FAUTAPO
- Programa de Investigación Estratégica en Bolivia
- Ministerio de Planificación del Desarrollo
- Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua

La articulación de estas instituciones, en acuerdo con actores locales (gobernación, gobiernos municipales y productores) son los llamados a la gestión financiera del proyecto, así como a su implementación y sostenibilidad mediante la:

- Generación y fortalecimiento de las capacidades técnicas en los equipo de extensión agrícola.
- Generación y fortalecimiento de las capacidades técnicas en los socios beneficiarios.
- Fortalecimiento de un proceso de Desarrollo Económico Local orientado a la autosostenibilidad, monitoreo y ejecución del proyecto.

Bibliografía

Allen, R. G.; L. S. Pereira, D. Raes y M. Smith
1998 *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. Rome, Italy: UN-FAO.

Ayers, R. S. y D. W. Westcot
1987 *Water Quality and Use in Agriculture. Estudio FAO Riego y Drenaje 29 Rev. 1. FAO*. Rome, Italy.

Batista, G. T. y C. J. Tuckey
1991 En: *Accuracy of Digital Classification versus Visual Interpretation of Deforestation in Amazon. V. Simposium Latinoamericanum de percepción remota*. Cusco, págs. 407-423.

Campos, J.; A. Calera, A. Torres, C. Balbontin, J. Gonzales-Piqueras, M. López y C. Neale
1998 *Evapotranspiración y estrés de la cubierta vegetal utilizando una secuencia multitemporal de imágenes de satélite*. Universidad de Castilla la Mancha, España.

Chávez, P. S. y A. Y. Kwarteng
1989 *Extracting Spectral Contrast in Landsat Thematic Mapper Image Data Using Selective Principal Component Analisis. Photogrammetric Engineeting & Remote Sensing*, vol. 55, N° 3, págs. 339-348.

Choquecallata, J.; J. Vacher, T. Fellmann y E. Imaña
1990 "Evapotranspiración máxima del cultivo de la quinua por lisimetría y su relación con la evapotranspiración potencial en el altiplano de Bolivia". *Revista de Agricultura, Estación experimental de Patacamaya*. La Paz, Bolivia.

Chuvieco, E.
2002 *Teledetección ambiental*. Barcelona: Ariel Ciencia.

CIPE (Centro de Investigación y Promoción Educativa)
Copiado de: http://cipebolivia.org/proyectos/listado-proyectos/complementacion-tecnologica-al-sistema-productivo-del-modelo-del-ayllu/

Cepeda, D. J. M.
1985 *Química de suelos*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México: Mundi Prensa.

Collao, Rubén
2002 *Sistema de abastecimiento de materia prima para la planta procesadora de quinua, de CECAOT,* Tesis de Grado. UMSS, Cochabamba, Bolivia.

Consultora CEP
2002 *Estudio prospección de demandas de la cadena productiva de la quinua en Bolivia.* La Paz, Bolivia: FDTA.

Crespo *et. al*.
2001 *El cluster de la Quinua en Bolivia: Diagnóstico competitivo y recomendaciones estratégicas*". Proyecto Andino de Competitividad.

Cuesta, A.; A. Montoso, A. Jochum, P. López y A. Calera
2005 *Metodología operativa para la obtención del coeficiente de cultivo desde imágenes de satélite. Información técnica económica agraria,* vol. 101, Nº 3, págs. 212-224. España.

Departamento Agrológico Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)
1996 *Descripción de los suelos, Estudio General de suelos*, Bogotá D.C, Tomo II, pág. 284.

FAO
2008 "Evaluación de la degradación de tierras en zonas áridas LADA Project", en *Informe final requerido en las Cartas Acuerdo individuales firmadas entre FAO y el IADIZA, la FAUBA, y el INTA*. Argentina.

1977 *Guía para la descripción de perfiles de suelos/Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Roma, Italia.

Fassbender, H. W.
1986 *Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina*. Editorial del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica. Pág. 348.

García, M.; J. Vacher y E. Hidalgo
1990 E*studio compartido del comportamiento hídrico de dos variedades de quinua en el altiplano central*. La Paz, Bolivia.

Giraldo, L.; L. Lizcano, A. Gijsman, B. Rivera y L. Franco
2004 Artículo Científico "Pasturas Tropicales". *Adaptación del Modelo DSSAT para simular la producción de Brachiaria decumbens*, vol. 20, Nº 2. Universidad de Caldas, Colombia, págs. 1-9.

Girovich, M. J.
1996 *Biosolids Treatment and Management.* U.S.*A.:* Marcel Dekker, Inc.

Giusti, Victorio
1999 *Mejoramiento de las tecnologías tradicionales de poscosecha de quinua en el Altiplano Boliviano*. Proyecto FAO-Poscosecha. Cochabamba, Bolivia: Editorial FAO.

González-Piqueras, J.; A. Calera y M. A. Gilabert
2003 *Estimation of Crop Coefficients by Means of Optimized Vegetation Indices for Corn, Proceeding of the SPIE*. Barcelona September, 8-11th (in press): SPIE.

Gros, A. y A. Domínguez
1992 "El fósforo. Los abonos fosforados. La fertilización fosfatada". En: *Abonos: guía práctica de la fertilización*: Ed. Mundi-Prensa. Págs. 175-187.

Grupo de trabajo FAO/PUND
1973 "Evaluación y control de degradación de tierras en zonas áridas de América Latina". En *Boletín Latinoamericano Sombre*

Fomento de Tierras y Aguas, boletín No. 6. Santiago de Chile. pág. 436.

Heilman, J. L.; W. E. Heilman y D. G. Moore
1982 *Evaluating the Crop Coefficient Using Spectral Reflectance. Agronomy Journal*, 74. 967-791. United States: American Society of Agronomy.

Instituto Geográfico Militar Bolivia (IGM), Departamento de Oruro
1997 *Cartas topográficas*, escala 1:250.000. La Paz, Bolivia.

Instituto Nacional de Estadística (INE)
2009 En sitio web: http://www.ine.gov.bo/html/visualizadorHtml. aspx?ah=ACerca_del_INE.htm. Revisado (30/10/2009)

Jackson, R. D.; V. V. Salomonson y T. J. Schmugge
1980 "Irrigation Management - Future Techniques". En *Proc. of the ASAE's Second National Irrigation Symp., Irrigation Challenges of the 80's.* ASAE Publ. 6-81, Am. Soc. Agric. Engr., St. Joseph, MI. Págs. 197 – 212.

Jaldín Quintanilla, R.
2010 *Producción de quinua Oruro y Potosí. Programa de Investigación Estratégica en Bolivia*. La Paz, Bolivia: PIEB.

Jones, V.
1983 *Research and Water Relations and Stomatal Conductance in Potatoes*. Centre for Agrobiological Research. Wageningen, Netherlands.

JUNAC (Junta del Acuerdo de Cartagena. Grupo de Política Tecnológica)
1983 *Estudios de Oferta, sistemas de producción de quinua y organizaciones campesinas en el altiplano norte de Bolivia*. Lima, Perú: JUNAC. Pág. 181.

Laguna, Pablo
2001 *Competitividad, externalidades e internalidades, un reto para las organizaciones económicas campesinas: La inserción de la Asociación Nacional de Productores de Quinua en el mercado*

mundial de la quinua. En: http://www.cepes.org.pe/debate/debate34/04-articulo-da34.pdf

Lue-Hing, C.; D. R. Zenz y R. Kuchenrither
1992 *Municipal Sewage Sludge Management: Processing, Utilization and Disposal.* Technomic Publishing Company, Estados Unidos.

García, M.; J. J. Vacher y J. Hidalgo
1988 *Estudio comparativo del comportamiento hídrico de dos variedades de quinua en el Altiplano Central cita.* En: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers09-11/38552.pdf

MAGDER, Agencia de Cooperación Internacional del Japón.
2002 *Proyecto de mejoramiento del proceso industrial y comercialización de quinua.*

Ministerio de Autonomías
2010 *Información básica de los municipios de Bolivia.*

Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.
1995 *Mapa forestal de Bolivia*. La Paz, Bolivia.

Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRYT), Consejo Nacional de Comercializadores y Productores de Quinua (CONACOPROQ)
2009 *Política Nacional de la Quinua*.

Municipio de Pampa Aullagas
2005 *Plan de Desarrollo Municipal del Municipio de Pampa Aullagas.* Oruro, Bolivia.

Municipio de Salinas de Garci Mendoza
2005 *Plan de Desarrollo Municipal del Municipio de Salinas de Garci Mendoza.* Oruro, Bolivia.

Navarro, G.
1997 "Clasificación biogeografía y bioclimática de Bolivia" en la revista científica-técnica: Rev. Bol. De Ecol. Vol. 2, págs. 3-37. La Paz, Bolivia.

Neale, C. M. U.; W. C. Bauch y D. F. Heermann
1989 "Development of Reflectance-Based Crop Coefficient for Corn. Trans". En *ASAE (American Society of Agricultural and Biological Engineers), Journal*, vol. 32, Nº 6, Págs. 1891-1899.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Ganadería
1986 *Manual práctico de llamas y alpacas*. Oficina regional de la FAO para la Agricultura y la Ganadería.

Pachauri, R. K. y A. Reisinger (dir.)
2007 *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. IPCC, Ginebra, Suiza.

Parra, R.
1960 "Diagnóstico Técnico Agronómico para el cultivo del cacao (Theobroma cacao L.) en la Zona Sur del Lago de Maracaibo". En *revista Facultad de Agronomía* (*LUZ*). Vol. N° 2. Maracaibo, Venezuela.

PCI (Project Concern International)
2008 *Manual de Praderas Nativas*. Primera edición, documento en etapa de revisión, Oruro, Bolivia.

Prefectura de Oruro
2005 *Plan de Acción Ambiental del Departamento de Oruro*. Oruro, Bolivia.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)
2005 *Cambio climático. Proyecto Ciudadanía Ambiental Global, Oficina Regional para América Latina y el Caribe (PNUMA/ORPALC)*. México D.F., México. En: http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/ciudadania.pdf.

Programa Nacional de Cambio Climático – Ministerio de Planificación del Desarrollo.
2004 *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en las regiones del lago Titicaca y los valles cruceños de Bolivia*. La Paz, Bolivia.

Programa Nacional de Semillas
2003 *Datos Nacionales Semilla de Quinua.*

PRONALDES
1995 Programa Nacional de Lucha Contra la Desertificación y Sequía Bolivia. En: http://www.unccd.int/actionprogrammes/lac/national/1997/bolivia-spa.pdf.

Ramírez, S. Joaquín; Amalio Ponce Montoya y Jorge Alejandro Torres González
2003 "Ordenamiento ecológico comunitario: un modelo de manejo de recursos naturales para el desarrollo comunitario. Estudio de caso ejido potrero de los López, Aguascalientes". En *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, vol. 17, N° 1, págs. 151-163. Universidad Autónoma Chapingo, México.

Rojas, S.
1996 *Praderas nativas en zonas altoandinas*. Manual. Oruro. Bolivia.

Salinger, M.; R. Desjardins, B. Jones, M. Sivakumar, N. Strommen, S. Veerasamy y W. Lianhai
1997 *Climate Variability, Agriculture and Forestry: an Update. World Meteorological Organization. WMO-841*. Genova-Switzerland. 51 p.: WMO.

Sefo Sam
Empresa de semillas de calidad para pasturas y forrajes de calidad tecnología boliviana. En: http://web.supernet.com.bo/sefo/Espa%F1ol.htm.

Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología (SENAMHI)
1996 *Series históricas meteorológicas para el departamento de Oruro*. Oruro, Bolivia.

Stanton, C.; F. Lawless, E. G. O'riordan, F. J. Monahan, P. J. Caffrey y A. P. Moloney
2009 *Fatty Acid Composition, Including Conjugated Linoleic Acid, of Intramuscular Fat from Steers Offered Grazed Grass, Grass Silage, or Concentrate-based Diets*. J. Anim. Sci. Págs. 2.849-2.855.

Universidad Mayor de San Andrés
1990 *Guía de Manejo de Recursos Naturales*. La Paz. Bolivia: SID.

USDA Soil Survey Staff
1975 *Soil Survey Staff, Soil Taxonomy a Basic System of Making and Interpretation Soil Surveys.* Washington D.C.: *USDA*.

USDA
1973 *Soil Conservation Service Drainaje of Agriculture, Land Water Information Center*. New York.

USDA-SCS Staff.
1972 *Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Samples*. U.S. Gov. Print. Office, Washington.

Vázquez, A. M.
1999 *Cal en tratamiento de aguas y lodos residuales*. México: Teorema.

Watson, R.; M. Zinyowera, R. Moss y D. Dokken
1997 *The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. Summary or Policymakers Report of IPCC Working Group II*. Geneva, Switzerland. Pág. 16: IPCC.

Anexos

Anexo 1
Análisis físicos de suelos

Interesado: **PROSAMA**

Proyecto:

Procedencia: Municipio Pampa Aullagas-Dpto. Oruro

Nº Lab	Identific. Código No.	Localidad	Prof. cm	Y %	L %	A %	Textura	Densidad Aparente g/cm^3	Densidad Real g/cm^3	Capacidad de Campo %	Pto. March. Permanente %	Agua disponible %
594	CA 12	Kara Kara	0-25	14	2	84	AF	1,53				
595	CC 14	Challatuco	0-25	8	2	90	A	1,65				
596	CI-01	Cilupata	0-25	48	9	43	Y	1,10				
597	CH 06	Lawa tuna	0-25	12	9	79	AF	1,45				
598	CK 18	Chio Kollu	0-25	10	12	78	AF	1,35				
599	CR 03	Chiquiruyo	0-25	26	11	63	FYA	1,31				
600	CP 19	Cap. Río Verde	0-25	8	6	86	AF	1,50				
601	HK 09	Hura Kahua	0-25	8	6	86	AF	1,50				
602	EP 23	Estancia Panzuta	0-25	20	4	76	FA	1,39				
603	LU 04	Lupiquipa	0-25	7	5	88	A	1,67				
604	JC 16	Jallun Chullpa	0-25	10	6	84	AF	1,55				
605	K1 16	Kivillani	0-25	14	10	76	AF	1,51				
606	PP 08	Phillpata	0-25	9	29	62	FA	1,45				
607	SA 12	Sato	0-25	8	6	86	A	1,66				
608	SU 14	Estancia Suctita	0-25	8	2	90	A	1,67				
609	TA 02	Tarajo	0-25	9	7	84	AF	1,55				
610	TA 10	Tomahuano	0-25	13	9	78	AF	1,50				
611	TT 06	Totorani	0-25	74	8	18	Y	1,20				

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas, de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas", Departamento de Ingeniería Agrícola, de la Universidad Mayor de San Simón.

Análisis químico de suelos

Interesado: **PIEB-DINAMARCA**

Proyecto: **Procedencia:** Municipio Pampa Aullagas-Dpto. Oruro

Nº Lab	Identific. Código No.	Localidad	Prof. cm	pH (1)	Conduct. Elécrrica (1) mmhos/cm	Cationes Intercambiables me/100g				CIC me/100g	MO %	Nitrógeno total %	Fósforo (2) disponible ppm
						Ca++	Mg++	Na+	Potasio				
594	CA 12	Kara Kara	0-25	7,1	0,279				0,73	4,0	0,68	0,048	17,9
595	CC 14	Challatuco	0-25	6,4	0,068				0,36	2,1	0,23	0,019	7,9
596	CI-01	Cilupata	0-25	8,4	0,226				0,95	9,6	0,98	0,063	10,0
597	CH 06	Lawa tuna	0-25	7,7	0,205				0,95	5,0	1,28	0,080	21,3
598	CK 18	Chio Kollu	0-25	6,8	0,058				0,58	4,0	0,90	0,056	4,6
599	CR 03	Chiquiruyo	0-25	8,1	0,133				0,36	6,8	0,98	0,068	6,4
600	CP 19	Cap. Río Verde	0-25	6,9	0,083				0,22	2,8	0,60	0,043	2,2
601	HK 09	Hura Kahua	0-25	6,8	0,039				0,22	2,4	0,38	0,027	4,1
602	EP 23	Estancia Panzuta	0-25	7,0	0,050				0,73	7,0	0,30	0,022	7,9
603	LU 04	Lupiquipa	0-25	7,5	0,075				0,87	5,2	0,38	0,025	5,3
604	JC 16	Jallun Chullpa	0-25	7,7	0,067				0,62	4,0	0,30	0,020	20,1
605	K1 16	Kivillani	0-25	7,1	0,075				0,58	6,0	0,45	0,031	5,8
606	PP 08	Phillpata	0-25	9,3	0,410				0,00	3,0	0,38	0,026	2,2
607	SA 12	Sato	0-25	7,9	0,068				0,80	2,8	0,45	0,028	8,1
608	SU 14	Estancia Suctita	0-25	7,9	0,085				0,51	2,8	0,38	0,026	8,0
609	TA 02	Tarajo	0-25	6,7	0,209				0,51	2,7	0,23	0,017	7,2
610	TA 10	Tomahuano	0-25	6,8	0,053				0,36	5,6	0,83	0,048	6,3
611	TT 06	Totorani	0-25	7,9	3,341				0,64	32,4	4,29	0,200	18,0

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas, de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas", Departamento de Ingeniería Agrícola, de la Universidad Mayor de San Simón.

(1) = Suspensión suelo: agua 1:2,5 C.I.C. = Capacidad de Intercambio Catiónico

(2) = Método: OLSEN Modific.

Análisis físicos de suelos

Interesado: **PIEB-DINAMARCA**

Proyecto:

Procedencia: Provincia Ladislao Cabrera-Dpto. Oruro

Nº Lab	Código No.	Identificación	Prof. cm	Y %	L %	A %	Textura	Densidad Aparente g/cm³	Densidad Real g/cm³	Capacidad de Campo %	Pto. March. Perma-nente %	Agua disponible %
975	5	c. quinua	0-25	11	36	53	FA	1,42				
976	7	Belén chijial	0-25	7	2	91	A	1,43				
977	9	Tholar pajonal	0-25	5	4	91	A	1,56				
978	15	Parinuyo	0-25	10	20	70	FA	1,56				
979	20	c. quinua	0-25	9	13	78	AF	1,67				
980	23	T. barbechado	0-25	12	25	63	FA	1,28				
981	CH-03	c. quinua	0-25	6	17	77	FA	1,47				
982	CH-09	Challhua c. quinua	0-25	10	9	81	AF	1,56				
983	CH-16	Chiocollo c. quinua	0-25	34	7	59	FYA	1,47				
984	CH-17	Chillapata Tholar	0-25	32	8	60	FYA	1,52				
985	PL-19	Pasto de lobos c. quinua	0-25	9	33	58	FA	1,35				
986	IX-04	Imexa bofedal	0-25	17	12	71	FA	1,28				
987	PI-08	cultivo quinua	0-25	15	15	70	AF	1,43				
988	RO 16	Rodeo c. quinua	0-25	11	8	81	AF	1,52				

(Continúa en la siguiente página)

(Continuación de la anterior página)

Nº Lab	Código No.	Identificación	Prof. cm	Y %	L %	A %	Textura	Densidad Aparente g/cm³	Densidad Real g/cm³	Capacidad de Campo %	Pto. March. Perma-nente %	Agua disponible %
989	LU 03	Estancia Luca tholar	0-25	7	23	70	FA	1,32				
990	CG 02	Cerro Grande tholar	0-25	14	13	73	AF	1,52				
991	27	San Martín c. quinua	0-25	22	25	53	FYA	1,32				
992	SU 12	Sunturo c. quinua	0-25	8	4	88	A	1,56				
993	HI 05	Hilstata c. quinua	0-25	20	23	57	FA	1,32				
994	LI 18	Estancia Lía Lampayal	0-25	11	9	80	AF	1,47				
995	IR 06	Irpani c. quinua	0-25	12	16	72	AF	1,28				
996	AN 03	Ancoyo, parc. Descanso	0-25	14	12	74	AF	1,56				
997	JI 10	Jirira c. quinua	0-25	12	10	78	AF	1,72				
998	LC 05	La casa c. quinua	0-25	16	18	66	FA	1,47				
999	VI 07	Viroxa c. quinua	0-25	21	21	58	FYA	1,52				
1000	MV 01	Marca Vinto c. quinua	0-25	20	20	60	FA	1,52				
1001	JK 07	Jayukota c. quinua	0-25	17	21	62	FA	1,57				
1002	CO/08	c. quinua	0-25	14	26	60	FA	1,67				

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas, de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas", Departamento de Ingeniería Agrícola, de la Universidad Mayor de San Simón.

Análisis químico de suelos

Interesado: **PIEB-DINAMARCA**

Proyecto:

Procedencia: Provincia Ladislao Cabrera-Dpto. Oruro

Nº Lab	Código No.	Identificación	Prof. cm	pH (1)	Conduct. Eléctrica (1) mmhos/cm	Cationes Intercambiables me/100g				CIC me/100g	MO %	Nitrógeno total %	Fósforo (2) disponible ppm
						Ca++	Mg++	Na+	Potasio				
975	5	c. quinua	0-25	6,6	0,046				0,51	5,4	0,43	0,027	6,0
976	7	Belén chijial	0-25	7,9	0,082				0,29	4,4	0,36	0,028	3,6
977	9	Tholar pajonal	0-25	7,2	0,152				0,33	4,0	0,43	0,030	12,7
978	15	Parinuyo	0-25	7,2	0,058				0,36	6,0	1,71	0,070	6,2
979	20	c. quinua	0-25	7,1	0,058				0,73	4,8	0,36	0,025	4,0
980	23	T. barbechado	0-25	8,3	0,777				1,49	7,2	1,57	0,090	9,3
981	CH-03	c. quinua	0-25	7,9	0,104				0,36	4,8	0,50	0,035	4,3
982	CH-09	Challhua c. quinua	0-25	7,6	0,071				0,66	6,0	0,71	0,042	3,6
983	CH-16	Chiocollo c. quinua	0-25	6,7	0,053				0,66	6,8	0,57	0,028	5,3
984	CH-17	Chillapata Tholar	0-25	6,1	0,083				0,51	8,0	0,79	0,055	7,2
985	PL-19	Pasto de lobos c. quinua	0-25	7,2	1,586				1,82	5,1	1,42	0,085	14,8
986	IX-04	Imexa bofedal	0-25	8,2	4,751				2,33	11,0	4,97	0,196	29,2
987	PI-08	cultivo quinua	0-25	7,6	0,140				0,66	3,8	0,43	0,028	7,9
988	RO 16	Rodeo c. quinua	0-25	7,3	0,061				0,80	4,4	0,71	0,045	2,3

(Continúa en la siguiente página)

(Continuación de la anterior página)

Nº Lab	Código No.	Identificación	Prof. cm	pH (1)	Conduct. Eléctrica (1) mmhos/cm	Cationes Intercambiables me/100g				CIC me/100g	MO %	Nitrógeno total %	Fósforo (2) disponible ppm
						Ca++	Mg++	Na+	Potasio				
989	LU 03	Estancia Luca tholar	0-25	7,7	0,192				1,13	4,9	1,07	0,056	14,8
990	CG 02	Cerro Grande tholar	0-25	6,4	0,103				0,58	5,6	1,00	0,056	9,5
991	27	San Martín c. quinua	0-25	6,8	0,069				1,09	8,4	1,14	0,056	7,6
992	SU 12	Sunturo c. quinua	0-25	7,0	0,048				0,44	4,0	0,43	0,030	4,4
993	HI 05	Hilstata c. quinua	0-25	7,6	1,665				1,16	10,0	1,42	0,093	16,9
994	LI 18	Estancia Lía Lampayal	0-25	7,6	0,016				0,66	6,4	0,86	0,050	9,1
995	IR 06	Irpani c. quinua	0-25	7,8	0,324				0,76	10,3	5,26	0,198	23,8
996	AN 03	Ancoyo, parc. Descanso	0-25	7,1	0,063				0,73	6,0	0,57	0,035	9,2
997	JI 10	Jirira c. quinua	0-25	6,4	0,050				0,66	5,2	0,64	0,048	11,6
998	LC 05	La casa c. quinua	0-25	7,7	0,091				0,58	4,8	0,15	0,010	10,6
999	VI 07	Viroxa c. quinua	0-25	7,1	0,061				0,44	6,0	0,64	0,050	7,5
1000	MV 01	Marca Vinto c. quinua	0-25	7,8	0,123				0,36	5,6	0,36	0,045	7,2
1001	JK 07	Jayukota c. quinua	0-25	7,2	0,101				0,58	7,6	0,50	0,037	5,5
1002	CO/08	c. quinua	0-25	7,7	0,254				0,73	6,3	1,35	0,080	22,3

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas, de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas", Departamento de Ingeniería Agrícola, de la Universidad Mayor de San Simón.

(1) = Suspensión suelo: agua 1:2,5
(2) = Método: OLSEN Modificado

C.I.C. = Capacidad de Intercambio Catiónico
T.B.I. = Total de Bases Inercambiables

Anexo 2
Porcentaje diario medio (p) de horas diurnas anuales a diferentes latitudes

Latitud norte / Latitud sud en º	Ene. Jul.	Feb. Ago.	Mar. Sep.	Abr. Oct.	May. Nov.	Jun. Dic.	Jul. Ene.	Ago. Feb.	Sep. Mar.	Oct. Abr.	Nov. May.	Dic. Jun.
60	0,15	0,20	0,26	0,32	0,38	0,41	0,40	0,34	0,28	0,22	0,17	0,13
58	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,40	0,39	0,34	0,28	0,23	0,18	0,15
56	0,17	0,21	0,26	0,32	0,36	0,39	0,38	0,33	0,28	0,23	0,18	0,16
54	0,18	0,22	0,26	0,31	0,36	0,38	0,37	0,33	0,28	0,23	0,19	0,17
52	0,19	0,22	0,27	0,31	0,35	0,37	0,36	0,33	0,28	0,24	0,20	0,17
50	0,19	0,23	0,27	0,31	0,34	0,36	0,35	0,32	0,28	0,24	0,20	0,18
48	0,20	0,23	0,27	0,31	0,34	0,36	0,35	0,32	0,28	0,24	0,21	0,19
46	0,20	0,23	0,27	0,30	0,34	0,35	0,34	0,32	0,28	0,24	0,21	0,20
44	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,35	0,34	0,31	0,28	0,25	0,22	0,20
42	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,34	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21
40	0,22	0,24	0,27	0,30	0,32	0,34	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21
35	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,32	0,30	0,28	0,25	0,23	0,22
30	0,24	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,31	0,30	0,28	0,26	0,24	0,23
25	0,24	0,26	0,27	0,29	0,30	0,31	0,31	0,29	0,28	0,26	0,25	0,24
20	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,30	0,29	0,28	0,26	0,25	0,25
15	0,26	0,26	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,25
10	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26
5	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
0	0,26	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27

Anexo 3
Duración máxima diaria media de las horas de fuerte insolación (N) a diferentes latitudes

Latitud norte / Latitud sud en º	Ene. Jul.	Feb. Ago.	Mar. Sep.	Abr. Oct.	May. Nov.	Jun. Dic.	Jul. Ene.	Ago. Feb.	Sep. Mar.	Oct. Abr.	Nov. May.	Dic. Jun.
50	8,5	10,1	11,8	13,8	15,4	16,3	15,9	14,5	12,7	10,8	9,1	8,1
48	8,8	10,2	11,8	13,6	15,2	16,0	15,6	14,3	12,6	10,9	9,3	8,3
46	9,1	10,4	11,9	13,5	14,9	15,7	15,4	14,2	12,6	10,9	9,5	8,7
44	9,3	10,5	11,9	13,4	14,7	15,4	15,2	14,0	12,6	11,0	9,7	8,9
42	9,4	10,6	11,9	13,4	14,6	15,2	14,9	13,9	12,9	11,1	9,8	9,1
40	9,6	10,7	11,9	13,3	14,4	15,0	14,7	13,7	12,5	11,2	10,0	9,3
35	10,1	11,0	11,9	13,1	14,0	14,5	14,3	13,5	12,4	11,3	10,3	9,8
30	10,4	11,1	12,0	12,9	13,6	14,0	13,9	13,2	12,4	11,5	10,6	10,2
25	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	13,7	13,5	13,0	12,3	11,6	10,9	10,6
20	11,0	11,5	12,0	12,6	13,1	13,3	13,2	12,8	12,3	11,7	11,2	10,9
15	11,3	11,6	12,0	12,5	12,8	13,0	12,9	12,6	12,2	11,8	11,4	11,2
10	11,6	11,8	12,0	12,3	12,6	12,7	12,6	12,4	12,1	11,8	11,6	11,5
5	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,4	12,3	12,3	12,1	12,0	11,9	11,8
0	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1

Anexo 4
Radiación extraterrestre (Ra) expresada en equivalentes de evaporación en mm/día

Hemisferio norte	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
50	3,8	6,1	9,4	12,7	15,8	17,1	16,4	14,1	10,9	7,4	4,5	3,2
48	4,0	6,6	9,8	13,0	15,9	17,2	16,5	14,3	11,2	7,8	5,0	3,7
46	4,9	7,1	10,2	13,3	16,0	17,2	16,6	14,5	11,5	8,3	5,5	4,3
44	5,0	7,6	10,6	13,7	16,1	17,2	16,6	14,7	11,9	8,7	6,0	4,7
42	5,9	8,1	11,0	14,0	16,2	17,3	16,7	15,0	12,2	9,1	6,5	5,2
40	6,4	8,6	11,4	14,3	16,4	17,3	16,7	15,2	12,5	9,6	7,0	5,7
38	6,9	9,0	11,8	14,5	16,4	17,2	16,7	15,3	12,8	10,0	7,5	6,1
36	7,4	9,4	12,1	14,7	16,4	17,2	16,7	15,4	13,1	10,6	8,0	6,6
34	7,9	9,8	12,4	14,8	16,5	17,1	16,8	15,5	13,4	10,8	8,5	7,2
32	8,0	10,2	12,8	15,0	16,5	17,0	16,8	15,6	13,6	11,2	9,0	7,8
30	6,8	10,7	13,1	15,2	16,5	17,0	16,8	15,7	13,9	11,6	9,5	8,3
28	9,0	11,1	13,4	15,3	16,5	16,8	16,7	15,7	14,1	12,0	9,9	8,8
26	9,8	11,5	13,7	15,3	16,4	16,7	16,6	15,7	14,3	12,3	10,3	9,3
24	10,2	11,9	13,9	15,4	16,4	16,6	16,5	15,8	14,5	12,6	10,7	9,7
22	10,7	12,3	14,2	15,5	16,3	16,4	16,4	15,8	14,6	13,0	11,1	10,2
20	11,2	12,7	14,4	15,6	16,3	16,4	16,3	15,9	14,8	13,3	11,6	10,7
18	11,6	13,0	14,6	15,6	16,1	16,1	16,1	15,8	14,9	13,6	12,0	11,1
16	12,0	13,3	14,7	15,6	16,0	15,9	15,9	15,7	15,0	13,9	12,4	11,6
14	12,4	13,6	14,9	15,7	15,8	15,7	15,7	15,7	15,1	14,1	12,8	12,0
12	12,8	13,9	15,1	15,7	15,7	15,5	15,5	15,6	15,2	14,4	13,3	12,5
10	13,2	14,2	15,3	15,7	15,5	15,3	15,3	15,5	15,3	14,7	13,6	12,9
8	13,6	14,5	15,3	15,6	15,3	15,0	15,1	15,4	15,3	14,8	13,9	13,3
6	13,9	14,8	15,4	15,4	15,1	14,0	14,9	15,2	15,3	15,0	14,2	13,7
4	14,3	15,0	15,5	15,5	14,9	14,4	14,6	15,1	15,3	15,1	14,5	14,1
2	14,7	15,3	15,6	15,3	14,6	14,2	14,3	14,9	15,3	15,3	14,8	14,4
0	15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8

(Continúa en la siguiente página)

(Continuación de la anterior página)

Hemisferio sud	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
50	17,5	14,7	10,9	7,0	4,2	3,1	3,5	5,5	8,9	12,9	16,5	18,2
48	17,6	14,9	11,2	7,5	4,7	3,5	4,0	6,0	9,3	13,2	16,6	18,2
46	17,7	15,1	11,5	7,9	5,2	4,0	4,4	6,5	9,7	13,4	16,7	18,3
44	17,8	15,3	11,9	8,4	5,7	4,4	4,9	6,9	10,2	13,7	16,7	18,3
42	17,8	15,5	12,2	8,8	6,1	4,9	5,4	7,4	10,6	14,0	16,8	18,3
40	17,9	15,7	12,5	9,2	6,6	5,3	5,9	7,9	11,0	14,2	16,9	18,3
38	17,9	15,8	12,8	9,6	7,1	5,8	6,3	8,3	11,4	14,4	17,0	18,3
36	17,9	16,0	13,2	10,1	7,5	6,3	6,8	8,8	11,7	14,6	17,0	18,2
34	17,8	16,1	13,5	10,5	8,0	6,8	7,2	9,2	12,0	14,9	17,1	18,2
32	17,8	16,2	13,8	10,9	8,5	7,3	7,7	9,6	12,4	15,1	17,2	18,1
30	17,8	16,4	14,0	11,3	8,9	7,8	8,1	10,1	12,7	15,3	17,3	18,1
28	17,7	16,4	14,3	11,6	9,3	8,2	8,6	10,4	13,0	15,4	17,2	17,9
26	17,6	16,4	14,4	12,0	9,7	8,7	9,1	10,9	13,2	15,5	17,2	17,8
24	17,5	16,5	14,6	12,3	10,2	9,1	9,5	11,2	13,4	15,6	17,1	17,7
22	17,4	16,5	14,8	12,6	10,6	9,6	10,0	11,5	13,7	15,7	17,0	17,5
20	17,3	16,5	15,0	13,0	11,0	10,0	10,4	12,0	13,9	15,8	17,0	17,4
18	17,1	16,5	15,1	13,2	11,4	10,4	10,8	12,3	14,1	15,8	16,8	17,1
16	16,9	16,4	15,2	13,5	11,7	10,8	11,2	12,6	14,3	15,8	16,7	16,8
14	16,7	16,4	15,3	13,7	12,1	11,2	11,6	12,9	14,5	15,8	16,5	16,6
12	16,6	16,3	15,4	14,0	12,5	11,6	12,0	13,2	14,7	15,8	16,4	16,5
10	16,4	16,3	15,5	14,2	12,8	12,0	12,4	13,5	14,8	15,9	16,2	16,2
8	16,1	16,1	15,5	14,4	13,1	12,4	12,7	13,7	14,9	15,8	16,0	16,0
6	15,8	16,0	15,6	14,7	13,4	12,8	13,1	14,0	15,0	15,7	15,8	15,7
4	15,5	15,8	15,6	14,9	13,8	13,2	13,4	14,3	15,1	15,6	15,5	15,4
2	15,3	15,7	15,7	15,1	14,1	13,5	13,7	14,5	15,2	15,5	15,3	15,1
0	15,0	15,2	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8

Autores

Pedro Román Vallejos Mamani

Ingeniero Agrónomo por la Universidad Técnica de Oruro; magíster profesional en Manejo Integral de Cuencas (CLAS, UMSS, Bolivia); master en Ingeniería de regadíos (CEDEX, España); master en ciencias en Ingeniería Química Ambiental (ITO, México). Candidato a Doctor en Tecnologías del Medio Ambiente (UTO, Bolivia-ITB, Alemania). Especialista en SIG, Teledetección, Recursos Hídricos y Medio Ambiente, Coordinador Proyecto Cambio Climático-PIEB Dinamarca. Especialista en proyectos de investigación nacionales e internacionales. Docente Invitado de Postgrado en la UTO, Bolivia y en el ITo, México. Miembro de la Sociedad Boliviana de la Ciencia del Suelo.

Zaima Navarro Fuentes

Ingeniera Agrónoma por la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Oruro; Diplomado en Teledetección y SIG de la Universidad Mayor de San Andrés. Post Grado en Evaluación de Proyectos de la FCEF-UTO; Investigadora del Proyecto Cambio Climático del PIEB, actualmente Coordinadora de Proyecto Vicuñas Caracollo.

Víctor Dante Ayaviri Nina

Licenciado en Administración de Empresas por la Universidad Técnica de Oruro; cuenta con una Maestría en Desarrollo Local por la Universidad Complutense de Madrid, un MBA por la Universidad Arturo Prat de la República de Chile y es Doctor en Desarrollo Económico por la Universidad Autónoma de Madrid. Posee una amplia experiencia en la Coordinación y Dirección de Proyectos de Desarrollo en el ámbito de las Organizaciones No Gubernamentales. Ha publicado varios artículos en temas de pobreza, desarrollo, instituciones y empresas. Fue investigador en el Departamento de Estructura Económica y Economía del Desarrollo de la Universidad Autónoma de Madrid y actualmente está desarrollando una investigación en la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid, España.